

**T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BİNALARIN FARKLI KISIMLARINDA KULLANILAN ÇEŞİTLİ
ISI YALITIM MALZEMELERİ İÇİN OPTİMUM
KALINLIKLARIN ARAŞTIRILMASI**

Sena Saliha ABAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN**

HAZİRAN - 2020

KARS



T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**BİNALARIN FARKLI KISIMLARINDA KULLANILAN ÇEŞİTLİ
ISI YALITIM MALZEMELERİ İÇİN OPTİMUM
KALINLIKLARIN ARAŞTIRILMASI**

**Sena Saliha ABAK
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN**

**HAZİRAN - 2020
KARS**

ETİK BEYAN

Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sena Saliha ABAK

ÖZET

(Yüksek Lisans Tezi)

BİNALARIN FARKLI KISIMLARINDA KULLANILAN ÇEŞİTLİ ISI YALITIM MALZEMELERİ İÇİN OPTİMUM KALINLIKLARIN ARAŞTIRILMASI

Sena Saliha ABAK

Kafkas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN

Enerjinin en fazla harcandığı sektörlerden birisi de konut olup, enerjinin doğru kullanılması durumunda büyük kazançlar elde edilmektedir. Doğru tekniklerle ısı yalıtımı uygulamalarında yakıt tasarrufu sonucunda çevre kirliliği önemli derecede azalmaktadır. Tez çalışmasında, farklı Derece-Gün bölgesine göre; Kars, Konya, Antalya ve Kocaeli olmak üzere 4 farklı şehir seçilmiştir. Belirlenen şehirlerin genel iklim özellikleri ve sıcaklık değerleri incelenmiştir. Isı yalıtımından ve ısı yalıtım malzemelerinin özelliklerinden detaylıca bahsedilmiştir. Dış duvar yüzeyine ısı yalıtımı malzemesi olarak farklı kalınlıklarda cam yünü, taş yünü, XPS ve EPS kullanılmıştır. Çatı yüzeyi için farklı kalınlıklarda ısı yalıtım malzemesi olarak cam yünü seçilmiştir. Şehirlerin Derece-Gün, ortalama dış sıcaklık değerleri, ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları ve fiyatları, kullanılan yakıt türü olan doğal gazın yakıt ve finans veri değerlerine göre; binanın özgül ısı kayıpları, yıllık ısıtma enerjisi, yüzeylerde meydana gelen ısı kayıpları, optimum yalıtım kalınlıkları, baz alınan kalınlıklara göre hesap değerleri ve geri ödeme süreleri hesaplanmış olup, grafikler üzerinde analizler yapılmıştır. Ekonomik analiz yöntemi olarak yaşam döngüsü maliyet analizi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı yalıtımı, optimum yalıtım kalınlığı, ekonomik analiz, dış duvar yalıtımı, çatı yalıtımı, yaşam döngüsü maliyet analizi

2020,134 sayfa

ABSTRACT

(M. Sc. Thesis)

FOR VARIOUS HEAT INSULATION MATERIALS USED IN DIFFERENT SECTIONS OF BUILDINGS TO RESEARCH OPTIMUM THICKNESSES

Sena Saliha ABAK

Kafkas University

Institute of Science

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Doç. Dr. Meryem TERHAN

One of the sectors where energy is spent the most shows whether there is a residence or not, and the energy is correct. Saving fuel in thermal insulation applications with the right techniques, environmental pollution is significantly reduced. In the thesis study, according to different Degree-Day; 4 different cities have been selected as Kars, Konya, Antalya and Kocaeli. General climate characteristics and temperature measurement of the determined cities were examined. Thermal insulation and properties of thermal insulation materials are mentioned in detail. Glass wool, rock wool, XPS and EPS protected in different thicknesses as thermal insulation material on the outer wall surface. Glass wool was chosen as thermal insulation material in different thicknesses for the roof surface. According to the heat-conductivity coefficients and prices of the thermal insulation materials of the cities using Degree-Day, average external temperature, according to the natural gas fuel and financial data values, which is the type of fuel used; specific heat losses of the building, optimum heating thicknesses, optimum thicknesses used, calculation usage and payback times according to the thicknesses based on. Life cycle cost analysis as an economic analysis method.

Key Words: Thermal insulation, optimum insulation thickness, economic analysis, exterior wall insulation, roof insulation, life cycle cost analysis

2020,134 pages

ÖNSÖZ

Başta beni bugünlere getiren ve her zorlukta yanımda olan aileme, Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca her zaman destekçim ve bir danışman hocasından çok daha fazlası olan, tez aşamasında da engin bilgileri ile katkısını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Meryem TERHAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	1
ŞEKİLLER DİZİNİ	4
TABLolar DİZİNİ	6
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	8
1.GİRİŞ	9
1.1 Genel Bilgiler	14
1.1.1 Literatür Çalışması	14
2. MATERYAL VE YÖNTEM	21
2.1 Isı Yalıtımı.....	21
2.2 Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları	22
2.3 Isı Yalıtımının Faydaları	25
2.4 Isı Yalıtımı Malzemelerinin Özellikleri	26
2.5 Isı Yalıtımı Malzemeleri.....	28
2.5.1 Extrude Polistren Köpük (XPS)	28
2.5.2 Cam Yünü.....	29
2.5.3 Taş Yünü	31
2.5.4 Expande Polistren Köpük (EPS)	32
2.5.5 Poliüretan Köpük (PUR)	34
2.5.6 Fenol Köpüğü (FP).....	35
2.5.7 Cam Köpüğü (CG)	35
2.5.8 Mantar Levhalar	37

2.6 Isı Yalıtım Türleri.....	38
2.7 Dış Duvar Isı Yalıtım	38
2.7.1 Dıştan (Mantolama) Yalıtım	39
2.7.2 İçten Yalıtım.....	40
2.7.3 Duvar Arası (Sandviç Duvar) Yalıtım.....	42
2.8 Çatı Yüzeyi Isı Yalıtımı	43
2.9 TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği) Hesap Yöntemi	45
2.9.1 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları	45
2.9.2 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının Amacı	45
2.9.3 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının Uygulama Alanları	46
2.9.4 TS 825 Binalarda Isıtma Enerjisi İhtiyacına Etki Eden Faktörler.....	47
2.9.5 TS 825 İllere Göre Derece-Gün Bölgeleri	47
2.10 Binanın Proje Bilgileri.....	52
2.11 Isı Kaybı Hesabı	56
2.12 Ekonomik Analiz Yöntemi.....	61
2.12.1 Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi	61
2.13 Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi.....	67
3. BULGULAR.....	69
3.1 Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplaması	71
3.2 İllere Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı	78
3.3 Yüzeylerde Meydana Gelen Isı Kayıpları	82
3.4 İllere Göre Isı Kaybının Yıllık Isıtma İhtiyacı Çizelgeleri.....	84
3.5 Isı Yalıtım Malzemeleri Birim Fiyatları ve Ekonomik Analizi.....	85
3.6 Optimum Yalıtım Kalınlıkları ve Geri Ödeme Süreleri.....	87
3.7 Yalıtım Kalınlıkları ve Maliyet Grafiği.....	88
3.8 Geri Ödeme Süresi ve Yalıtım Kalınlıkları Grafiği	93

3.9 Net Enerji Tasarrufu ve Isı Yalıtım Malzeme Grafiği.....	96
3.10 Toplam Enerji Tasarrufu ve Derece-Gün (HDD) Grafiği	99
3.11 Geri Ödeme Süresi ve Derece-Gün (HDD) Grafiği	100
4. SONUÇLAR, TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER	103
5. KAYNAKLAR	123
ÖZGEÇMİŞ.....	128



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Türkiye’de enerjinin kullanım alanları	10
Şekil 2. Binalarda ısı yalıtımı.....	22
Şekil 3. Binalarda ısı kayıplarının meydana geldiği olası yapı elemanları.....	24
Şekil 4. Extrude polistren levha	28
Şekil 5. Cam yünü.....	30
Şekil 6. Taş yünü	31
Şekil 7. Ekspande polistren köpük.....	33
Şekil 8. Poliüretan sert köpük	34
Şekil 9. Fenol köpüğü	35
Şekil 10. Birbirine bağlı cam köpüğü görüntüsü	36
Şekil 11. Farklı boyut ve şekillerde cam köpüğü.....	36
Şekil 12. Mantar levha	37
Şekil 13. Çok katlı ve tek katlı binalarda ısı kaybı	38
Şekil 14. Dış duvardan yalıtım.....	39
Şekil 15. İç duvardan yalıtım	41
Şekil 16. Duvar arası (sandviç duvar) yalıtım	42
Şekil 17. Çatı yalıtımı	44
Şekil 18. TS 825 standardına göre derece gün illeri	48
Şekil 19. TS 825'e göre derece gün bölgelerine göre illerimiz.....	51
Şekil 20. Antalya ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri.....	53
Şekil 21. Kocaeli ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri.....	53
Şekil 22. Konya ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri.....	54
Şekil 23. Kars İli yıllık ortalama dış sıcaklık değeri.....	55
Şekil 24. Dış duvardan iletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi.....	56
Şekil 25. Yaşam döngüsü maliyet analizi aşamaları.....	62
Şekil 26. Konya ilinin XPS malzemesine ait maliyet grafiği	89
Şekil 27. Konya ilinin cam yünü malzemesine ait maliyet grafiği	90
Şekil 28. Konya ilinin taş yünü malzemesine ait maliyet grafiği	91
Şekil 29. Konya ilinin EPS malzemesine ait maliyet grafiği.....	91
Şekil 30. Kocaeli ilinin cam yünü malzemesine ait maliyet grafiği	92

Şekil 31. Dış duvar yüzeyinin cam yünü malzemesine göre şehirlerin geri ödeme süresi	93
Şekil 32. Çatı yüzeyinin cam yünü malzemesine göre şehirlerin geri ödeme süresi .	94
Şekil 33. Dış duvar yüzeyinde illerin net enerji tasarrufu	96
Şekil 34. Çatı yüzeyinde illerin net enerji tasarrufu	97
Şekil 35. İllerin Derece-Gün verilerine göre dış duvarda enerji tasarrufu.....	99
Şekil 36. İllerin Derece-Gün verilerine göre çatıda enerji tasarrufu.....	100
Şekil 37. İllerin Derece-Gün verilerine göre dış duvarda geri ödeme süresi.....	101
Şekil 38. İllerin Derece-Gün verilerine göre çatıda geri ödeme süresi.....	101



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Tek ve çok katlı binalarda ısı kaybı bölümleri ve oranları.....	25
Tablo 2. Aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti	49
Tablo 3. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü değerleri.....	49
Tablo 4. Güneş enerjisini geçirme katsayısı.....	50
Tablo 5. Bölgelere göre Q hesap değerleri	50
Tablo 6. Şehirlere ait derece gün ve ısıtma soğutma verileri	69
Tablo 7. Isı yalıtım malzemelerine ait veriler	70
Tablo 8. Yakıta ait veriler.....	70
Tablo 9. Finans verileri	70
Tablo 10. Şehirlerin aylara göre ortalama dış sıcaklık değerleri.....	71
Tablo 11. Binanın yapı elemanlarına ait veriler	71
Tablo 12. Dış duvar yüzeyinde yalıtımsız gerçekleşen ısı kayıpları	77
Tablo 13. Dış duvar yüzeyinde taş yünü malzemesi ile gerçekleşen ısı kayıpları	77
Tablo 14. Çatı yüzeyinde yalıtımsız gerçekleşen ısı kayıpları	77
Tablo 15. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesi ile gerçekleşen ısı kayıpları.....	78
Tablo 16. Dış duvar yüzeyinde yalıtımsız yıllık ısıtma enerjisi.....	79
Tablo 17. Dış duvar yüzeyinde XPS malzemesinin yıllık ısıtma enerjisi	79
Tablo 18. Çatı yüzeyinde yalıtımsız yıllık ısıtma enerjisi.....	80
Tablo 19. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesinin yıllık ısıtma enerjisi.....	81
Tablo 20. Dış duvar yüzeylerinde yalıtımsız ısı kayıp oranları.....	82
Tablo 21. Dış duvar yüzeylerinde EPS malzemesinin ısı kayıp oranları	83
Tablo 22. Çatı yüzeyinde yalıtımsız ısı kayıp oranları.....	83
Tablo 23. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesinin ısı kayıp oranları.....	84
Tablo 24. Kocaeli ilinin dış duvar ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi.....	84
Tablo 25. Kocaeli ilinin çatı ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi.....	85
Tablo 26. Dış duvar yalıtımı için malzemelerinin kalınlıklara göre birim fiyatı	86
Tablo 27. Çatı yalıtımı için malzemesinin kalınlıklara göre birim fiyatı	86
Tablo 28. Kars ilinin dış duvar için XPS malzemesine göre ekonomik analizi.....	87
Tablo 29. Kars ilinin çatı için cam yünü malzemesine göre ekonomik analizi.....	87
Tablo 30. Dış duvar için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süresi.....	88

Tablo 31. Çatı için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süresi.....	88
Tablo 32. Dış duvarda kalınlıklara göre geri ödeme süreleri	93
Tablo 33. Çatıda kalınlıklara göre geri ödeme süreleri	95



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_k	: Dış kapının ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_t	: Zemine oturan tabanın /döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
U_d	: Dış hava ile temas eden tabanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
A_D	: Dış duvarın alanı (m^2)
A_p	: Pencerenin alanı (m^2)
A_k	: Kapının alanı (m^2)
A_T	: Tavanın alanı (m^2)
A_t	: Zemine oturan tabanın /döşemenin alanı (m^2)
A_d	: Dış hava ile temas eden tabanın alanı (m^2)
T	: Sıcaklık ($^{\circ}C$)
T_0	: Çevre sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$V_{brüt}$: Toplam hacim (m^3)
DG	: Derece gün değeri (HDD)
H_u	: Yakıtın alt ısı değeri (kJ/kg)
C_f	: Yakıtın birim fiyatı (TL veya \$)

İndisler

CO_2	: Karbon dioksit
SO_2	: Kükürt dioksit

1. GİRİŞ

Enerji, insan hayatının devam edebilmesi için en önemli ihtiyaç kaynağı olması ile birlikte, ekonomik gelişmelerin meydana gelmesinde yön gösterici bir işarettir. Ülkemizde nüfusunun artışı, yaşam standartların yükselmesi, endüstriyel gelişmelerdeki ilerleme enerjiye duyulan ihtiyacı daha da arttırmıştır. Enerji tüketimi de ihtiyaca paralel olarak artmasıyla, ülkemizde sınırlı olan fosil yakıtlara duyulan ihtiyaçta artmaktadır.

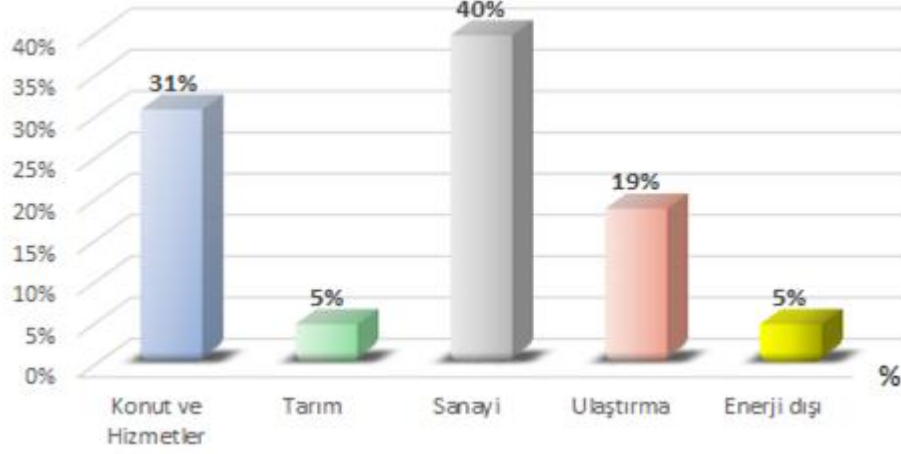
Ülkemiz enerji bakımından dış ülkelere bağımlıdır. Bu durum ülkemiz için ağır bir yük niteliğinde olup, artan enerji fiyatları ülke ekonomisini olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemiz enerji gereksinimini sağlayacak yatırım ve projelerde bulunması ile bu durumun üstesinden gelebilecektir. Enerji kazanımı ülkemiz için elde edilmesi zor iken var olan enerjinin verimli kullanılması oldukça önemlidir. Enerji verimliliği kavramı, harcanan her bir enerjinin daha verimli ürün ve hizmet şekline gelmesidir (Keskin, 2006).

Nüfus artışı ve gelişen teknoloji ile birlikte enerjinin kullanım hızı ivme kazanmıştır. Enerji kullanımının hız kazanması, ülke ekonomisini zorlamakla beraber çevre kirliliği için de büyük bir zorluktur. Ülkemiz için sınırlı fosil yakıt rezervleri ile enerji ihtiyacının uzun vadede ve etkin bir şekilde kullanabilmek için enerji verimliliği dikkat çeken bir konudur. Türkiye'de Tabii Kaynaklar Bakanlığının açıklamasına göre, enerji kullanımı konutlarda % 31 oranında olup, oranın % 85'i konutlarda ısınma amacıyla tüketilmektedir (Özkan, Onan, & Erdem, 2009).

Enerji ve enerji kaynaklarının verimli kullanımı gün geçtikçe daha fazla önem arz etmektedir. Enerji kaynaklarının verimliliği gelişmekte olan ülkeler için oldukça güncel konulardan biridir. Günümüzde kullanılan yakıtların tükenebilir, kaynaklarının sınırlı olması ve insanların yaşam alanına zararlı etkilerinden dolayı alternatif enerji kaynaklarına yönelme zorunlu hale gelmiştir (Angın, 2007).

Türkiye'de enerji dağılımı % 31 konut ve yan hizmetlerde, % 5 tarım, % 40 sanayi, % 5 ulaştırma ve % 5 oranında enerji dışında kullanılmaktadır.

Konutlarda kullanılan % 40 oranında enerji büyük oranda yakıt ihtiyacını karşılamak için kazanlarda harcanmaktadır (Özdabak, 2008).



Şekil 1. Türkiye’de enerjinin kullanım alanları

Enerjiye duyulan ihtiyacın her geçen gün artması ve tüketilmesi enerji kıtlığına sebep olmaktadır. Bu kıtlık ihtiyaç duyulan enerjinin fiyatında artışa ve enerjinin alım güçlüğüne neden olmaktadır. Miktarca kıt ve maliyetli olan enerji en verimli ve ekonomik formda kullanılmalıdır (Olgun, Batur, Batur, Tüter, & Heperkan, 2007).

Tükenen veya ilerde tükeneceği ön görülen her ürünün kaynaklarından elde edilmesi zorlaştığı gibi birim fiyatında da artış meydana gelmektedir. Örneğin petrol günümüzde oldukça tüketilmekte ve ihtiyaca bağlı olarak da bol miktarda çıkarılmaktadır. Petrol için ön görülen süre ise 54 yıllık bir ömürdür. Petrol rezervleri 54 yıl sonra tükenme noktasına gelecek, temini daha zahmetli ve maliyetli hale olacaktır. Bu durum ön görüldüğünden dolayı petrolün ikamesi arayışına başlanarak sorunu çözme yoluna gidilmiştir.

Petrolde olduğu gibi, enerji kıtlığı tüm dünyayı etkisi altına alan önemli bir konudur. Bu durum ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji kıtlığına ve dış ülkelere bağımlılık anlamına gelmektedir (Tamzok, 2005).

Enerjinin birçok tanımı yapılmakta olup, bazı insanlar enerjiyi “teknik” bir problem olarak nitelendirmektedir. Teknik problem için var olan üretim yollarının yenilenmesi veya gelişen yeni teknolojinin uygulanması gerekmektedir. Enerjiyi teknik problem olarak düşünenler bu sorunun teknolojinin gelişmesiyle son bulacağını kanısındadırlar. Bazılarına göre ise enerji “ekonomik” bir problem olarak nitelendirilmektedir. Ekonomik problem fikrini savunanlar petrol birim fiyatlarına bağlı olarak enerji fiyatlarının artması ve enerjinin zamanla ulaşılmaz hale geldiği kanısındadırlar. Sorunun petrol fiyatının düşmesiyle giderileceğini savunmaktadırlar. Bazı düşünürlere göre ise enerji sorunu rezervlerinin azalmasından ve zamanla tükeneceğinden kaynaklanmaktadır. Bu durum ise rezervlerin bilinçli ve verimli kullanılması ile ortadan kaldırılacağını savunmaktadırlar. Türkiye ele alındığında petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının dışarıya bağımlı olması yani enerjinin ithalat ile sağlanması ülke ekonomisi açısından büyük problemler oluşturmaktadır (Bayrak & Esen, 2014).

Temel ihtiyaç olan enerji, ülkemizde en fazla konut sektöründe harcanmaktadır. Gelişmekte olan ülkemiz daha ileri seviyelere gelebilmesi ve Avrupa Birliğine dâhil olabilmesi için enerji alanında birçok hedefler gerçekleştirmektedir. Dünyada köyden kente göç, nüfus oranlarında artış, enerji kullanımının artışı ve sanayileşmenin etkisi ile enerji tüketimi ivedili bir şekilde artmaktadır. Ülkemiz enerji bakımından kısmen dış ülkelere bağlı olmasına rağmen var olan enerjiyi tam kazanım haline getirememekte olup, kaybedilen enerji miktarı oldukça fazladır. Bu durum enerji verimliliği kavramını doğurmaktadır. Bu kavram var olan enerji miktarından ne ölçüde verim sağladığı şeklinde düşünülebilir.

Enerji insan hayatı için en önemli ihtiyaç olarak bilinmektedir. Birçok sektörde enerjinin ana maddesi fosil yakıtlardır. Fosil yakıtların kullanımının artması var olan sınırlı kaynakların kıtlaşmasına ve geleceğimizi olumsuz yönde etkileyecek çevre problemlerine neden olacaktır. Fosil yakıtlar şüphesiz enerji ihtiyacını büyük oranda karşılamakta fakat çevreye ve insan hayatına dezavantajlarından dolayı daha az enerji kullanmak için en verimli şekilde ihtiyaca dönüştürülmelidir. İnsan hayatını olumsuz etkileyen problemler, sera gazı emisyonları ile birçok zehirli gaz çıkışı meydana gelip zehirli gazların yayılımıdır.

Fosil yakıtlar hava kirliliğine, su kirliliğine ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ozan tabakasının incelenmesiyle küresel ısınma etkileri görülmektedir. Bu durum ülkemizde küresel ısınmaya neden olup; mevsim geçişlerinde bozukluklar ve buzulların erimesi gibi birçok olumsuz etki yaşatmaktadır. Enerji verimliliği, yaşam standartları ve sanayide ürün kalitesinin artmasında önemli rol oynamaktadır (Çomaklı & Terhan, 2011).

Binalarda enerji; sıcak su elde edilmesi, ısıtma ve havalandırma sistemleri gibi birçok bölümde harcanmaktadır. Enerji tüketimi termodinamiğin birinci ve ikinci yasasına dayanır. Termodinamiğin birinci yasasında belirtildiği gibi “Enerji yoktan var edilemez, varken yok edilemez” fakat var olan enerji kalitesi arttırılabilir. Avrupa ülkelerinde enerji ihtiyacının ortalama % 40’lık bölümünü binalarda harcadığı tespit edilmiştir. Enerji tüketiminden ortaya çıkan CO₂ yayılımı ise ortalama % 36’dır. CO₂ yayılımı çevreyi olumsuz yönde etkileyen sera gazına sebep olmaktadır. Konut ve binalarda kullanılan enerji ihtiyacı çoğunlukla düşük enerjili sistemlerdir. Enerji ihtiyacının daha az enerji ile sağlanabilmesi; ısıtma ihtiyacı ve sıcak su kullanımı için besleme yapacak olan sıcaklık derecesinin daha düşük enerjiden sağlamaktır. Bina yaşı fazla olan yapılarda daha yüksek derecede sıcaklık gerekmektedir. Bunun sebebi radyatör ve konvektörlerde yeni sistem ısıtma sistemi kullanılmamasıdır. Böylece, kullanılan enerji miktarında artışa sebep olmaktadır. Fazla enerji kullanılan sistemlerde fosil yakıt ve elektrik enerjisi kullanılabilir (Sartor & Dewallef, 2017).

Enerjinin hayatın başlangıcından itibaren temel kaynak olduğu bilinmektedir. Tüm yaşamsal fonksiyonları yerine getirmek için önem arz eden enerjinin kazanımı kadar verimli bir şekilde harcanması da önemlidir. Büyük önem taşıyan enerji konusu ülkemizin ve diğer ülkelerin üzerinde çalıştığı ve uygulama geliştirdiği bir sektör haline gelmiştir. Gelişmekte olan ülkemiz hızlı bir ivmeyle gelişim seviyesini arttırabilmesi için sanayi sektörünün gelişmesi gerekmekte ve böylece enerji verimliliğinin sağlanmasıyla mümkün olacaktır. Enerji de asıl hedef ivedili nüfus artışına karşın artan enerji ihtiyacının devamlılığının minimum zarar ile sürekliliğinin olmasıdır (Akdeniz, İlhan, Üçgül, Acar, & Bayhan, 2007).

Artan nüfus ile enerji ihtiyacının karşılanması enerjiyi en verimli şekilde tüketilerek üstesinden gelinebilecek bir konudur. İnsanlar yaşamları boyunca enerji harcadıkları birçok ihtiyaçları vardır. Bu ihtiyaçlar; ısınma, enerji kazanacakları hammadde, iş yapabilmek için güç ve ışık gerekli ihtiyaçlardır. İhtiyaçların karşılanabilmesi için enerji tüketilmesi gerekir fakat tüketilen enerji çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bu sorunların çözümü için enerji kullanımını en verimli şekilde yapılmalı ve çevreye verilecek olan zarar minimum seviyeye indirilmelidir (Terzi & Arcaklıoğlu, 2006).

Tüm yaşamın sürdürülebilmesi için kullanılan fosil yakıt kaynaklarının doğru bir şekilde harcanması alternatif bir hammadde gibi görülmektedir. Enerji ihtiyacının oldukça fazla olduğu santrallerde harcanan enerjinin maksimum verimde kullanılması ve kaybedilen atık enerjinin geri dönüşümünün sağlanması maliyeti büyük oranda düşürmektedir. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan fosil yakıtlar ülkemizde sınırlı miktarda olmakla birlikte çevreye verdikleri zararlar da önemlidir. Kullanılan enerjiyi en aza indirebilmek ve en verimli şekilde kullanmak çevre açısından ve doğrudan insan yaşamını olumlu yönde etkileyecektir (Çomaklı, Yüksel, & Bakırcı, 2006).

1.1 Genel Bilgiler

1.1.1 Literatür Çalışması

Optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için yapılan çalışmalar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Çalışmalarında, ele alınan bölgenin ısıtma dönemi ve enerji giderleri hesaba katılarak optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Bu yalıtım kalınlıkları duvar çeşidine, yalıtım malzemesine göre değişen ısıyı iletme katsayısına ve ele alınan bölgede ki Derece-Gün sayısına göre optimum yalıtım kalınlıklarında farklılıklar oluşmuştur. Özetle, duvarındaki toplam ısı transfer katsayısı değerinin artması ile optimum yalıtım kalınlığını azaltırken, Derece-Gün ve yalıtım malzemesinin ısı iletkenlik katsayısının artması ile optimum yalıtım kalınlığının da arttığı belirlenmiştir. Türkiye’de iklime göre değişen optimum yalıtım kalınlıkları ortalama 2,8 - 9,6 cm arasındadır. Ve bu aralık oldukça geniş tutulmuştur. Bu yüzden Türkiye’de enerjinin verimliliği ve binaların ısıtma-soğutma değerleri hesaplanırken il bazında değil de ilçe bazında daha ayrıntılı olarak iklim şartları ele alınmalı ve böylece daha yerel sonuçlar hesaplanmalıdır. Yalıtıma verilecek önem ve hayata geçirilecek doğru uygulama ile Türkiye için enerji kazanımı sağlanmış olacaktır. Doğru yalıtım ile daha sağlıklı, bütçe dostu, güvenilir ayrıca konforlu yaşam alanları meydana gelecektir. Özetle yalıtım uygulaması, bunca sebepler dışında da kâr bakımından önemli bir yatırımdır (Yamankaradeniz & Ömer, 2007).

Çalışmalarında, Türkiye’den 4 farklı Derece-Gün bölgesi için TS 825 standartlarına göre çeşitli yalıtım malzemesine optimum yalıtım kalınlığını gösteren grafikler yapılmıştır. Ek olarak araştırmada dış duvar alanından ve pencere yüzeylerinden harcanan enerji miktarının optimum yalıtım kalınlığına etki ettiği belirlenmiştir. Binalarda ısıtma ve soğutma sistemleri için yalıtım malzemesinin türü ve uygun kalınlığı, pencere alanı ve sayısı enerji tüketimi yönünden önemli konu olduğunun üzerinde durulmuştur. Binalarda pencere alanı ve sayısının artması ile kaybedilen enerji miktarı artmaktadır. Böylece kullanılacak olan enerji miktarı da artacak olup, tasarımda fazla pencere ve pencere alanından kaçınılması gerekmektedir.

Ülkemizin enerji bakımından dışa bağımlı olduğunu göz önünde bulundurularak uygun projeler ve ısı yalıtımlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Binalarda doğru kazanım sağlamak için ısı yalıtımı ile birlikte mimari tasarımda önemlidir (Özkan, Onan, & Erdem, 2009).

Çalışmalarında, Türkiye’de dört ayrı iklim bölgesinde bulunan iller için optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak polistiren ve poliüretan seçilmiştir. Dört iklim bölgesi için sıcak olan alanlarda minimum yalıtım kalınlığı tercih edilirken soğuk olan alanlarda maksimum yalıtım kalınlığı tercih edilmiştir. Bu durumda sıcak bölgede harcanan enerji az olurken soğuk bölgede harcanan enerji fazladır (Dombaycı, Atalay, Acar, Ulu, & Ozturk, 2017).

Çalışmalarında, Derece-Gün verileri temel alınarak Erzurum, Adana, Elazığ, İzmir ve İstanbul illerinde bulunun binalar için dış duvarlara yapılacak ısı yalıtımının optimum kalınlığı hesaplanmıştır. Isı yalıtımı malzemesi olarak dış duvar yüzeylerine ekstrüde polistiren uygulanmıştır. Yalıtım malzemesinin kalınlığının arttırarak en uygun yalıtım kalınlığı, elde edilen enerji kazanımı ve ilk yatırım maliyetinin geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Özetle, ele alınan il için en uygun yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Bu değer 0,04 – 0,084 m arasında değişiklik göstermiştir. Bu iller için yıllık enerji kazanımı 21,94 – 97,12 YTL/m² arasında ve geri ödeme süresi 1,45 – 2,05 yıl içinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Özel & Pıhtılı, 2008).

Çalışmalarında, Türkiye’nin farklı bölgelerinde yer alan 4 farklı il olarak Aydın, Edirne, Sivas ve Malatya seçilmiştir. Optimum yalıtım kalınlıkları ve geri kazanılan enerji miktarı hesaplanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak XPS (sıkıştırılmış polistiren) ve EPS (genleştirilmiş polistiren) malzemesi seçilmiştir. Konutlar da ısıtma ihtiyacı karşılamak için doğalgaz, soğutmada ihtiyacı için ise elektrik seçilmiştir. Çalışma neticesinde, tercih edilen yalıtım malzemelerinde optimum yalıtım kalınlığı 0,036 ile 0,1 m arasında değişiklik göstermektedir.

Kazanılan enerji 12,08 TL/m² ile 58,28 TL/m² arasında ve geri ödeme süresi 1,5 ve 2,52 yıl zaman aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Gürel & Daşdemir, 2011).

Çalışmasında, Afyon ili için çeşitli ısıtma Derece-Gün bölgelerine göre bölgesel ısıtmada farklı boru çapları ve tüketilen yakıt türlerine göre optimum yalıtım kalınlıkları, enerji kazanımı ve geri ödeme süresi hesabı yapılmıştır. Boru hatlarında ekonomik değerler için yaşam döngüsü maliyeti analizi yöntemine göre hesaplar yapılmıştır. Yalıtım malzeme türü olan ekstrüde polistiren (XPS) malzemesi seçilmiştir. Yakıt türünün değişmesi ile birlikte hesaplanan yıllık enerji kazanımı da değişmiştir. Buna göre maksimum yıllık enerji kazanımı sıvı yakıttan elde edilirken, minimum yıllık enerji kazanımı jeotermal enerjiden elde edildiği tespit edilmiştir. Hesaplamalarda, boru çaplarındaki farklılıkların önemli bir etkisi olduğu ispatlanmıştır. Boru çapı küçük olan hatlara nazaran daha büyük çaplı borulara yalıtım yapılarak daha fazla enerji kazanımı sağlanabilmektedir. Ayrıca Derece-Gün sayısının artması ile uygun yalıtım kalınlığı ve yıllık enerji kazanımı artış gösterir iken geri ödeme süresinin azaldığı fark edilmiştir. Sonuç itibariyle boru hatları için uygun yalıtım yapılır ise yüksek enerji kazanımı sağlanacaktır (Keçebaş, 2012).

Çalışmasında, ülkemizin değişik Derece-Gün bölgesinde yer alan illerimiz olan Adana, Ardahan, Eskişehir ve Trabzon'a göre hesaplar yapılmıştır. Hesaplar yapılırken iki çeşit yakıt cinsi ve dört çeşit yalıtım malzemesi baz alınarak farklı illerdeki binaların dış duvarları için uygun yalıtım kalınlığı ve malzemelerin çevreye olan etkisi incelenmiştir. Maliyet hesaplarında ömür maliyet analizi ve Derece-Gün verileri dikkate alınmıştır. Yakıt türleri olarak kömür ve sıvı yakıt seçilmiştir. Ekstrüde polistren (XPS), ekspande polistren (EPS), cam yünü ve taş yünü gibi farklı yalıtım malzemeleri seçilmiştir. Farklı yakıt ve yalıtım malzemesine göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji kazanımı ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan veriler il, yakıt ve yalıtım malzemesine göre değişiklik göstermiştir. Sonuçlarda, optimum yalıtım kalınlığının 1,5 ve 24,8 cm arasında değişirken, yıllık kazanım 10,33 ve 351,92 TL/m² arasındadır. Geri ödeme süresi de 0,78 ve 5,95 yıl arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır.

Çevre açısından ise ısı yalıtımı yapılarak ve yakıt türü olarak kömür kullanıldığında çevreye yayılan zehirli karbon dioksit (CO₂) ve asit yağmurlarına neden olan kükürt dioksit (SO₂) gaz emisyonlarının % 37,7 - % 88,3 aralığında düştüğüne ve yakıt olarak sıvı yakıt kullanıldığı durumda % 50,2 - % 91,7 aralığında bir azalma sağlayacağı tespit edilmiştir (Özel, 2013).

Çalışmasında, Türkiye’ de dört farklı bölgede 16 şehir için yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Dört farklı bölge için yapılan hesaplarda yıllık ısıtma ihtiyacını Derece-Gün değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamada farklı yakıt tipleri kullanılmıştır. Bunlar; doğalgaz, kömür, sıvılaştırılmış petrol gazı, akaryakıt, elektrik olmak üzere beş farklı yakıt incelenmiştir. Yalıtım malzemesi olarak da polistiren seçilmiştir. Bu araştırmada ortaya çıkan verilere göre optimum yalıtım kalınlığı 2 cm ile 17 cm aralığında değişiklik göstermiştir. Yalıtım ile oluşan enerji tasarrufu miktarı % 22 ile % 79 oranına kadar farklılık göstermektedir. Geri ödeme süresi ise 1,3 - 4,5 yıl olduğu belirlenmiştir (Bolattürk, 2006).

Çalışmalarında, enerji ihtiyacı çok fazla olan Türkiye’nin en soğuk doğu illeri Kars, Erzurum ve Erzincan ele alınmıştır. Uygulanan yalıtım sadece çevre etkisi amacıyla değil enerjinin fazla maliyetli olmasından dolayı da önemli bir konudur. Optimizasyon, yaşam döngüsü maliyet analizine göre yapılmaktadır. Yapılan araştırma verilerine göre Türkiye’nin soğuk illeri için de yapılan doğru yalıtım ile büyük oranda enerji tasarrufu meydana gelmiştir. Örneğin; Erzurum iline göre 12.113 \$/m² duvar alanına kadar enerji tasarrufu yapılmıştır (Çomaklı & Yüksel, 2003).

Çalışmalarında, süperinsulation yaklaşımının üzerinde durulmuştur. Superinsulation, bina projelerinde çok daha fazla yalıtım ve hava geçirmezlik seviyesi elde edilerek, ısı kaybını büyük oranda azalmasını sağlamaktadır. Böylece yalıtım kalınlıklarını en uygun hale getirerek konutlarda yüksek enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca tüm dünyayı etkileyen sera gazının azaltılmasına büyük etki elde edilebilir. Bu konu üzerine, Nottingham UK bölgesi ele alınarak aerojelin optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Uygulanan yalıtımın çevreye etkisi üzerinde de durulmuştur.

Farklı yalıtım kalınlıklarına göre çeşitli enerji kaynaklarının yıllık enerji maliyeti ve enerji tasarrufu incelenmiştir. Optimum aerojel kalınlığına göre Derece-Gün değer faktörünün incelenmesi yapılmıştır. Böylece çevreyi olumsuz etkileyen sera gazı miktarında potansiyel azalış fark edilmiştir. Aerojel bazlı termal süper-sulandırma sistemleri normal yalıtım malzemeleri ile yapılan yalıtıma göre kalınlığı daha az yapılar olup daha geniş alanlara olanak sağlamaktadır. İzolasyon yapılmamış boşluk duvarlarına ek iç yalıtımı olarak aerojel yalıtımı uygulamak oldukça olumlu sonuçlar vermiştir. Elde edilen bilgiler bir numune ev üzerinde uygunluğu deneysel olarak doğrulanmıştır (Cuce, Cuce, Wood, & Saffa, 2014).

Çalışmalarında, HVAC boru uygulamasında farklı yalıtım malzemeleri için boruda optimum yalıtım yüzey kalınlığını belirlenmiştir. Farklı malzemelerden yapılmış borular kullanılmış olup; borular çelik, bakır ve plastikten yapılmıştır. Yalıtım malzemeleri ve kalınlıklarının uygunluğu Afyonkarahisar iline göre belirlenmiştir. Yıllık toplam maliyet, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi farklı çaplardaki boruların yalıtımına göre hesaplanmış olup, çalışmalarında ısınma derecesine bağlı olarak yaşam döngüsü maliyet analizine göre hesaplanmıştır. En uygun ve tasarruflu yalıtım malzemesinin taş yünü ve yakıtın ise akaryakıt olduğu belirlenmiştir. Boru malzemelerine göre yalıtım sıralaması ilk başta bakır, çelik ve son olarak plastiktir. Bakır ve çeliğin ısı iletim katsayısı plastiğe göre yüksek olduğundan sıralama bu şekildedir. Plastik malzemelerin iletim katsayısının değeri küçük olup, kullanıma uygun değildir. Isı iletim katsayısı uygun olan çelik ve bakır boruların optimum yalıtım kalınlığı 5 cm ile 16 cm arasında farklılık göstermektedir (Daşdemir, Ertürk, Keçebaş, & Demircan, 2017).

Çalışmasında, Bursa ili temel alınmış olup, prototip bir bina da ısı yalıtımı kalınlığı belirlenmiştir. 1992 yılından 2005 yılına kadar Bursa ilinin dış hava sıcaklığı dikkate alınmıştır. Hesaplamalar da derece-saat değerleri, mevcut binanın enerji ihtiyacındaki farklılıklar, binanın mimarı tasarımı dikkat çekmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı belirlenirken enerji gereksinimine bağlı olarak maliyet hesapları belirlenmiştir. Ayrıca yaşam döngüsü maliyet analizine göre farklı yakıtlara göre optimum yalıtım kalınlıkları karşılaştırılmıştır.

Bursa ili için yapılan analizler sonucunda kullanılan yakıt türüne göre farklılıklar meydana geldiği gözlenmiştir. Bursa için optimum yalıtım kalınlıkları 5,3 - 12,4 cm olarak belirlenmiştir (Kaynaklı, 2008).

Çalışmasında, Türkiye’de bulunan 81 farklı il için optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Ayrıca optimum yalıtım kalınlığına etki eden dört ayrı yakıt (doğalgaz, kömür, sıvılaştırılmış petrol gazı ve fueloil) ve beş ayrı yalıtım malzeme (genleştirilmiş polistiren, cam yünü, taş yünü, poliüretan ve ekstrüde polistiren) farklı şehirlere göre incelenmiştir (Kurekci, 2016).

Çalışmalarında, ülkemizin 4 farklı Derece-Gün bölgelerinde bulunan farklı şehirlerde kümes binaları temel alınarak hesaplamalar yapılmıştır. İncelemeler Samsun, Ankara, Erzurum ve Antalya için yapılmıştır. Kümes binaların emisyon (CO₂) oranı, geri ödeme zamanı, yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufu hesapları yapılmış olup; hesaplamalar beş ayrı yakıt tipi (doğal gaz, kömür, fueloil, elektrik ve LPG) ve iki ayrı yalıtım malzeme tipine (ekstrüde polistiren ve genleştirilmiş polistiren) göre incelenmiştir (Küçüktopcu & Cemek, 2018).

Çalışmalarında, Changsha, Shaoguan ve Chengdu olarak üç farklı şehir temel alınmıştır. Maliyet yaşam döngüsüne bağlı olarak ilgili şehirlerin ideal yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Buna bağlı olarak ömür analizi ve geri ödeme süresinin yaklaşık değeri belirlenmiştir (Liu, ve diğerleri, 2015).

Çalışmalarında, Maldivlerde enerji kullanımındaki artışı göz önünde bulundurularak incelemeler yapılmıştır. Farklı yalıtım malzemeleri kullanılarak kazanılan tasarruf ve azaltılan emisyon tespit edilmiş olup, duvar alanında var olan hava boşluklarının sonuçları irdelenmiştir. Hava boşlukları 2 cm, 4 cm, 6 cm olacak şekilde tasarlanan veya yalıtılan duvarlarda enerji harcanması ve emisyonu hava boşluğu hiç olmayan duvarlara göre % 65-77 oranında azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, doğru yalıtımlı ve uygun hava boşluğu bulunan duvarlar hava boşluğu bulunmayan yalıtımsız duvarlara göre büyük ölçüde tasarruf sağlamaktadır (Mahlia & Iqbal, 2010).

Çalışmasında, ülkemizde bulunan Elazığ ilinin iklim koşullarına göre en uygun yalıtım kalınlığı hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarda enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi belirlenmiştir. Ayrıca yalıtımsız duvarlar ve yalıtımlı duvar arasındaki kullanılan yakıt tipini de ortaya koyarak farklar sayısal veriler ile açıklanmıştır. Elazığ ili için optimum yalıtım kalınlığı 5,4 - 19,2 cm olarak belirlenmiştir. Kazanılan enerji 86,26 ile 146,05 $\$/m^2$ ve geri ödeme süresi 3,56 - 8,85 yıl olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir (Ozel, 2012).

Çalışmasında, Tunus'un kış ayları ılık ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak olması ile birlikte bölgenin iklimi göz önüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Tunus ısı açısından kazanımı fazla bir bölge olmasından kaynaklı çatı izolasyonu oldukça önemlidir. Araştırmada iki farklı tür çatı izolasyonu incelenmiştir. Ayrıca yalıtım yapılması durumunda geri ödeme süresi ve kazanılan tasarruf hesaplanmıştır. Bölgenin iklimine göre ekonomik açıdan da olumlu sonuç doğuran taş yünü ile yalıtım sağlanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı 7,9 cm olarak hesaplanmış olup, geri ödeme süresi 6,06 yıldır. Bölge itibariyle oldukça önem arz eden çatı yüzeyi için içi dolu olmayan terrakota temelli çatı tipi tercih edilmiştir (Daouas, 2016).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Isı Yalıtımı

Dünya ve ülke çapında artan nüfus ve insan yaşam standartlarının artış eğilimi ile birlikte enerjiye duyulan gereksinim ve ihtiyaca bağlı olarak tüketim artmaktadır. Ülkemiz gibi fosil yakıt enerji tüketiminin büyük bir kısmını dış ülkelerden ithalat eden ülkeler ekonomik açıdan da olumsuz etkilenmektedir. Fosil yakıtlar gibi süreklilik arz etmeyen enerji kaynakları zamanda tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu sebeple ülkelerin enerji ihtiyacının ithalat yöntemiyle karşılanmasından daha çok var olan enerjiyi en verimli şekilde kullanması daha uygun bir yoldur.

Türkiye’de tüketilen enerji miktarının büyük bir oranı ısıtma enerji olarak harcanmaktadır. Bu oran tüketilen enerji miktarının yaklaşık % 80’ine tekabül etmektedir. Orta kuşakta yer alan ülkemiz ısı yalıtımı için uygun bir konumda yer almakta olup, uygun yalıtım teknikleri ile enerji kazanılması mümkündür.

Tez konusu olan ısı yalıtımının uygun yöntem ile uygulanan binalarda yakıt için harcanan maliyetin bina ömrü göz önüne alındığında kısa bir süre içerisinde amorti ettiği bilinmektedir. Ayrıca ısıtma amacıyla kullanılan fosil yakıt miktarının azalması ile çevreye verilen zarar minimize edilecektir. Binalarda ısı yalıtımı uygulanarak dış etkenlerden su, nem, sıcaklık değişimi ve ses kirliliği önlenmektedir.

Isı yalıtımı sıcak veya soğuk hava akımının ısı köprüler aracılığıyla yapılara sızmasına engel olabilmek için uygulanmaktadır. Tüketilen enerji miktarının büyük bir çoğunluğu ısıtma veya soğutma amacıyla kullanıldığından ısı yalıtımı uygulaması her geçen gün bir ihtiyaç haline gelmektedir.

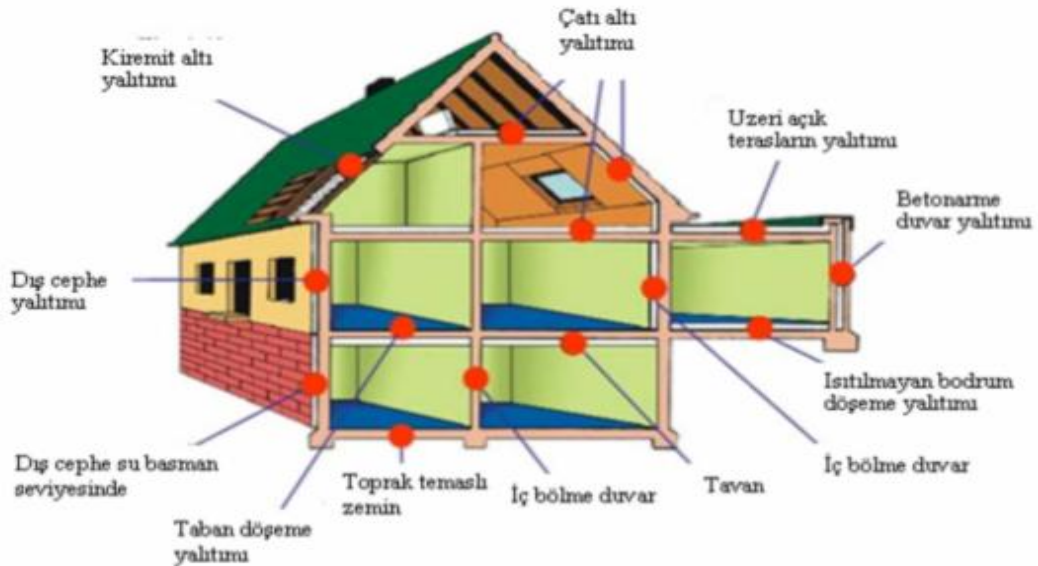
Isı yalıtımı binaların neredeyse ısı kaybı yaşanan tüm yüzeylerinde uygulanması mümkündür.

Binaların iç ve dış duvar cepheleri, cam ve doğramaları, çatı yüzeyi, katları birbirinden ayıran döşemeler, havalandırma kanalları ve tesisat borularına yapılan ısı yalıtımı ısı geçişi önlenir. Isı geçişi sıcaklık farkı bulunan alanda yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru gerçekleşir. Isı yalıtımı sıcaklık farkı olan yüzeylerde meydana gelen ısı geçiş engelleyerek, ısı geçişine karşı kuvvetli bir direnç oluşturur (Sanal şantiye, 2020)

2.2 Binalarda Isı Yalıtımı Uygulamaları:

Binalarda ısı yalıtımı uygulaması, kış aylarında ısınmayı yaz aylarında ise uygun koşullarda serinlemeyi sağlamaktadır. Isı yalıtım malzemesiyle ısı kaybı gerçekleşen yüzeylere doğru ısı yalıtım uygulanmasıyla yakıt enerjisinden büyük ölçüde tasarruf sağlanacaktır. Binaların farklı bölümlerinde meydana gelen ısı kayıp yüzdelerinin eşit olmadığı gibi, ısı yalıtımı yapılacak olan bölgelere uygulanan ısı yalıtımı türü de farklılık gösterecektir.

Aşağıda yer alan görselde örnek bir bina üzerinde farklı bölümlerde uygulanacak olan yalıtım türleri yer almaktadır.



Şekil 2. Binalarda ısı yalıtımı (Tesisat, 2015)

Binalarda ısı yalıtımı uygulaması yapılan bölümler;

1. Dışarı ile temas halinde olan dış duvarlar
2. Bina çatıları
3. Bodrum ile temas halinde taban döşemeleri
4. Toprak ile temas halinde zemin döşemeleri
5. Toprak ile temaslı duvarlar
6. Çok katlı binalarda katlar arası döşemeler
7. Kapılar
8. Bina tesisatları ve havalandırma
9. Pencereleler
10. Genellikle ısıtma enerjisi harcanmayan depo ve garajlar ile temas halindeki bölümler

Binaların uzun süre kullanılabilirliği ve konforlu yaşam sağlanması ancak iç ve dış faktörlerin iyi bir şekilde korunmasıyla mümkün olup, binanın yapı elemanları dış hava olumsuz faktörlerinden uygun şekilde izole edilerek sağlanır.

Isı yalıtımı binalarda kışın yakılan yakıt ile kazanılan enerjinin dış duvarlardan kayıp enerjiye dönüşmemesi, yazın ise sıcak havanın dış duvarlardan iç ortama girişinin engellenmesi amacıyla yapılmaktadır (Akıncı, 2007).



Şekil 3. Binalarda ısı kayıplarının meydana geldiği olası yapı elemanları
(Uzun, 2013)

Binaların buldukları iklim koşulları ve bina çeşitliliğine göre farklılık olmasına rağmen genellikle ısı kaybının meydana geldiği kayıpları yaklaşık olarak oranlamak mümkündür. Binalarda zemin döşemelerinden % 15, pencerelerden % 25, tavadan % 20, bina girişindeki alanlardan % 25, çatıdan % 25, tavan arasından % 20 oranında ısı kayıpları meydana gelmektedir. Isı yalıtımı bu sebeple var olan enerjiyi bina içerisinde tutabilmek açısından oldukça önemlidir. Yukarıda belirtilen, Şekil 3'te bir binada meydana gelebilecek ısı kayıplarının oransal ve hangi yüzeylerde olduğu görülmektedir (Uzun, 2013).

Binalarda ısı yalıtımı uygulanması ile harcanan yakıt ihtiyacı % 25 ile % 50 oranında azalma göstermektedir (Kaya & Öztürk, 2014).

Binalarda ısı kaybı yapı genelinde meydana gelmektedir. Isı kayıpları binada yer alan katsayısına göre değişkenlik göstermektedir.

Isı kaybı meydana alan bölümler: duvar, çatı, bodrum, pencere ve binaya dış etkilerden kaynaklı gerçekleşen hava kaçaklarından kaynaklanır. Tek ve çok katlı binalarda en fazla ısı kaybı duvar düzeylerinden gerçekleşir (Dağsöz, 1991).

Tablo 1. Tek ve çok katlı binalarda ısı kaybı bölümleri ve oranları

%	Duvar	Çatı	Bodrum	Pencere	Hava Kaçakları
Tek katlı binalar	25	22	20	20	13
Çok katlı binalar	40	7	6	30	17

2.3 Isı Yalıtımının Faydaları:

Yönetmeliğe uygun yapılan ısı yalıtımı ile sağlanacak faydalar aşağıda yer aldığı gibi sıralanabilir.

- 1) Daha az yakıt tüketimiyle enerji ihtiyacının karşılanması,
- 2) Binalarda konfor düzeyinin sağlanması,
- 3) Çevre kirliliği ve sera gazı etkisini azaltmak,
- 4) Hava kirliliğini önlemek,
- 5) İnsan sağlığını etkileyen olumsuz koşulların oluşmamasını sağlamak,
- 6) Yakıt maliyetini düşürmek,
- 7) Binaların dış havayla temasla bulunan yüzeylerin olumsuz hava koşullarından etkilenerek nem, küf, rutubet gibi olumsuzlukların oluşmamasını sağlamak,
- 8) Zararlı gaz emisyonunu azaltabilmek,
- 9) Bina ömrünün iyileştirilmesi,
- 10) Fosil yakıt kaynaklarının tüketiminin azaltılmasıdır.

2.4 Isı Yalıtım Malzemeleri Özellikleri:

TS 825 standartlarına göre ısı iletkenlik değeri malzeme üzerinde kullanım alanını belirlemede ayırt edicidir. Isı iletkenlik değeri (λ) 0,065 W/m.K altında olan malzemelere 'yalıtım malzemesi', ısı yalıtım değeri (λ) 0,065 W/m.K üstünde olan malzemelere ise 'yapı malzemesi' denir. Isı yalıtım malzemesi olarak genelde extrude polistren, expande polistren, camyünü, polietilen, poliüretan, cam köpüğü, fenol köpüğü kullanılır.

Isı yalıtım malzemeleri ısı geçişlerine karşı koyan var olan ortam sıcaklığının uzun süre sabit olmasını destekleyen düşük iletim katsayılı malzemelerdir. Isı yalıtım malzemeleri yapı gereği oldukça hafif malzemelerdir. Bunun sebebi, heterojen şeklindeki yapıların bir araya gelmesiyle oluşur. Dış yapısı sert bir yüzey oluştururken, iç yüzeyi hava boşlukludur.

Isı yalıtım malzemeleri uygulanacak alana göre özellik bakımından farklılık gösterir. Tabana uygulanacak ısı yalıtım malzemesi ile dış duvara uygulanacak olan ısı yalıtım malzemesi farklıdır. Tabana uygulanacak olan ısı yalıtım malzemesinin dayanımı daha fazla olmalıdır.

İdeal ısı yalıtım malzemesinin yapısında bulunan boşluk miktarının çok, madde yoğunluğunun, nemin ve yoğunluğunun az olması gerekmektedir (Ekinci, 2003).

Kullanıma uygun bir ısı yalıtım malzemesinin sahip olması gereken özellikler:

- Isı yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayısının küçük olmalıdır.
- Isı yalıtım malzemeleri hafif olmalıdır.
- Isı yalıtım malzemeleri kokusuz olmalıdır.
- Çekme mukavemetine dayanıklı olmalıdır.
- Basınç mukavemetine sahip olmalıdır.
- Kimyasal kararlılığa sahip olmalıdır. (Bir arada kullanılan malzemeler ile reaksiyona girmemelidir.)

- Su ve nem absorbe edebilme özelliğine sahip olmalıdır.
- Yanıcı özelliği olmamalıdır.
- Uzun süre kullanılabilirdir.
- Maliyeti düşük olmalıdır.
- Çevre dostu malzeme olmalıdır.
- Çürüme ve bozulmaya karşı dayanıklı olmalıdır.
- Ulaşılabilir olmalıdır.
- Küçük ısı iletkenlik katsayısı olmalıdır.
- Uzun süre kullanımda çökme meydana gelmemesi için kullanımına uygun basınç mukavemetine sahip olmalıdır.
- Kullanımına uygun çekme mukavemetine sahip olmalıdır.
- İklim şartlarındaki sıcaklıkta bozulmamalıdır.
- Uygulaması ve işçiliği kolay olmalıdır.

Isı yalıtım malzemelerini yapılarına göre ve meydana gelmiş olduğu hammadde cinsine göre iki farklı şekilde sınıflandırılabilir.

Yapısına göre ısı yalıtım malzemeleri:

- Elyaf bulunduran yalıtkanlar: Asbest lifler, cam elyafı, taş yünü, ahşap lifli levhalar.
- Sentetik köpüklü yalıtkanlar: Polivinil klorür, köpükler, polistren köpükleri, poliüretan köpükler, formaldehit köpükler.
- Mineral köpük yalıtkanlar: Hafif beton, cam köpüğü.
- Polimer bağlayıcı yalıtkanlar: Bitümlü Maddeler, plastikler, boyalar
- Belli bir yapıya sahip yalıtkanlar: Genleştirilmiş granüle, mantar, fosil silisli taneler, perlit, mikalar

Oluştığı hammadde cinsine göre ısı yalıtım malzemeleri:

- Yüksek performanslı ısı yalıtım malzemeleri: Saydam yapıya sahip yalıtkanlar, vakumlanmış olan yalıtım panelleri, kompozit maddeli yalıtkanlar.

- Sentetik temelli ısı yalıtım malzemeleri: Polietilen, polivinil klorür köpük (PVC), polistren köpük, poliüretan köpükleri, fenol formaldehit köpük.
- Mineral temelli ısı yalıtım malzemeleri: Asbest, cam elyafı, taş yünü, seramik yünü, cam köpük, fosil silisler, mikalar, perlit, bazalt.
- Bitkisel ve hayvansal temelli ısı yalıtım malzemeleri: Mantar, ahşap, lif ve talaş levhalar, hayvansal kökenli dokumalık lifler, bitkisel kökenli dokumalık lifler, saman, yosunlar vb. (Karagöz, 2004).

2.5 Isı Yalıtım Malzemeleri:

2.5.1 Extrude Polistren Köpük (XPS):



Şekil 4. Extrude polistren levha (İzocam, 2018)

Ekstrüde polistren levha, yerli olarak üretimi mümkün olan polistren hammaddesinden ekstrüzyonla yöntemiyle meydana gelen levha şeklindeki ısı yalıtımı için kullanılan malzemelerdir (Candan, 2007).

Isı yalıtım malzemesi olan XPS (extrude polistren köpük) kullanılacak bina şekline göre farklı boyutlarda oluşturulabilir. XPS, kullanım alanı oldukça yaygındır. Bunun sebebi ekstrüde polistrenin üretim sürecinde oluşan haddeme (ekstrüzyon) yöntemi ile ısı yalıtım malzemesinin kapalı gözenekli ve her tarafında homojen bir yapıya sahip olmasıdır.

Kapalı gözenekli ve homojen bir yapıya sahip olmasıyla malzemelerin su geçirgenliği en minimum seviyededir. Çatı gibi su temasının fazla olması olası olan bölgelerde kullanımı uygundur.

Ekstrüde polistrene ait başlıca özellikler:

- ❖ Yoğunluğu: 24-25 kg/m³
- ❖ Isı iletim katsayısı yüzeyi pürüzlü 0,031 W/m.K
- ❖ Isı iletim katsayısı yüzeyi pürüzsüz 0,028 W/m.K
- ❖ Su buhar difüzyon direnç faktörü 80-250
- ❖ Mekanik dayanımı 10-50 ton/m²
- ❖ Hacimce su emme % 0-0,5
- ❖ Kullanım sıcaklığı -50 °C ve +80 °C
- ❖ Yangın sınıfı B1
- ❖ 25 kg/ m³ mekanik dayanımı 0,15N/mm²
- ❖ 35 kg/ m³ mekanik dayanımı 0,30 N/ mm²
- ❖ 38 kg/ m³ mekanik dayanımı 0,50 N/ mm²
- ❖ Basma kuvvetine direnci çok büyüktür.
- ❖ Hafiftir ve uygulaması kolaydır.
- ❖ Çürüme ve dağılma özelliği yoktur.
- ❖ Temini ve taşınması kolaydır.
- ❖ Nefes almayı sağlayan bir malzemedir (Güç, 2005).

2.5.2 Cam Yünü:

Cam yünü, yeri olarak üretilmesi mümkün olan ve silis kumundan elde edilen ısı yalıtım malzemesidir. Silis kumunun yüksek sıcaklık (1200 °C - 1250 °C) ve basınç altında ergitilmektedir. Ergimiş halde olan silis kumu elyaf haldeki açık gözenekli olan iyi bir ısı ve ses yalıtımı malzemesidir. Kullanılacak alana göre farklı şekil ve yoğunluklarda üretilmektedir. Cam yünü sadece bina yalıtımında kullanılmamaktadır. Isıl direnç katsayısının büyük olması sebebiyle boru sistemlerinde de yalıtımı sağlamaktadır (Topçuoğlu, 2017).



Şekil 5. Cam yünü (İzocam, 2018)

Bir başka ısı yalıtım malzemesine göre daha fazla kullanım alanı bulunan cam yününün alerjen etkilere sebep olduğu bilinmektedir. Bu sebeple özellikle uygulama sırasında kişisel koruyucular kullanılmalıdır (Topçuoğlu, 2017).

Camyününe ait başlıca özellikler:

- ❖ Yanmaz malzeme sınıfındadır. (A1 veya A2)
- ❖ Malzeme ısı iletkenlik katsayısı 0,035-0,050 W/m.K'dir.
- ❖ Kullanıma uygun olacak ortam sıcaklığı –50 ile +250 °C aralığındadır.
- ❖ Güneş ışınlarından etkilenmemektedir.
- ❖ Su emilim değeri, % 3 - 10'dur.
- ❖ Deformasyona uğramaz.
- ❖ Çürümez, bozulmaz ve özelliğini kaybetmez.
- ❖ İstikrarlı ve kapalı kimyasal formu nedeniyle böcekler ve zararlı mikro organizmalardan etkilenmez.
- ❖ Uygulanacak bölgeyle doğrudan alakalı olup, paslanma ve korozyon ihtimali düşüktür (Kaya & Öztürk, 2014).

2.5.3 Taş Yünü:

Kireçtaşı, diabez, bazalt türü mineralli maddelerin yüksek sıcaklık (1350 °C – 1400 °C) altında eritilerek elyaf hale gelmesiyle elde edilen ısı yalıtımı için kullanılan malzemedir.

Tüm ısı yalıtım malzemelerinden beklenen özellik olduğu gibi taş yünü de kullanım yerine göre istenilen boyut, şekil ve teknik özelliklere getirilebilir. Isı, ses ve sahip olduğu sınıf itibariyle yangın yalıtımında da kullanılmaktadır. Sahip olduğu bu özelliklerle A sınıfı yanmaz malzemeler statüsündedir (İzocam, 2003).



Şekil 6. Taş yünü (İzocam, 2003)

Taş yününe ait başlıca özellikler:

- ❖ Uygulamada kullanıma uygun sıcaklığı -50 ile +750 °C arasında değişiklik göstermektedir.
- ❖ TS EN 13501-1 standartlarına göre "A" sınıfı yanmaz malzemeler grubunda yer almaktadır.
- ❖ Kullanım yerine göre 30-200 kg/m³ arasındaki yoğunluklarda elde edilir.

- ❖ Isı iletkenlik katsayı değeri 0,040 W/m.K'dır.
- ❖ Su buharı difüzyon direnç faktörü katsayısı $\mu =1$ 'dir.
- ❖ Sıcaklığa bağlı olarak boyut değişikliği veya bozulmaya uğramaz.
- ❖ Çürüme ve küf tutma gibi kötü sonuçlar doğurmaz.
- ❖ Böcekler ve zararlı mikro organizmalardan etkilenmez.
- ❖ Taş yününün, ergime sıcaklığı >1000 °C'dir.
- ❖ Zamanla korozyon ve paslanmaya uğramaz.
- ❖ Kolay şekil verilebilir özellikle olduğu için işçilikte kolaylık sağlamaktadır (İzocam, 2003).

2.5.4 Expande Polistren Köpük (EPS):

Ekspande polistren köpük (EPS-Genleştirilmiş Polistren Köpük), polistren maddesinin birçok süreçten geçirilmesiyle elde edilir. Isı yalıtımı malzemesi olarak kullanımı dışında ambalajlarda da kullanılmaktadır. EPS, iyi bir ısı yalıtımı malzemesidir. Bunun sebebi yapısında bulunan milyar tane hava kabarcıkları ile oluşturduğu kapalı gözenekleridir. Yapısında bulunan hava kabarcıkları sebebiyle oldukça hafif bir üründür. Isıl iletkenlik katsayısı diğer yalıtım malzemelerine göre daha düşüktür. EPS, istenilen boyut ve büyüklükte elde edilebilir (Paralı, 2009).

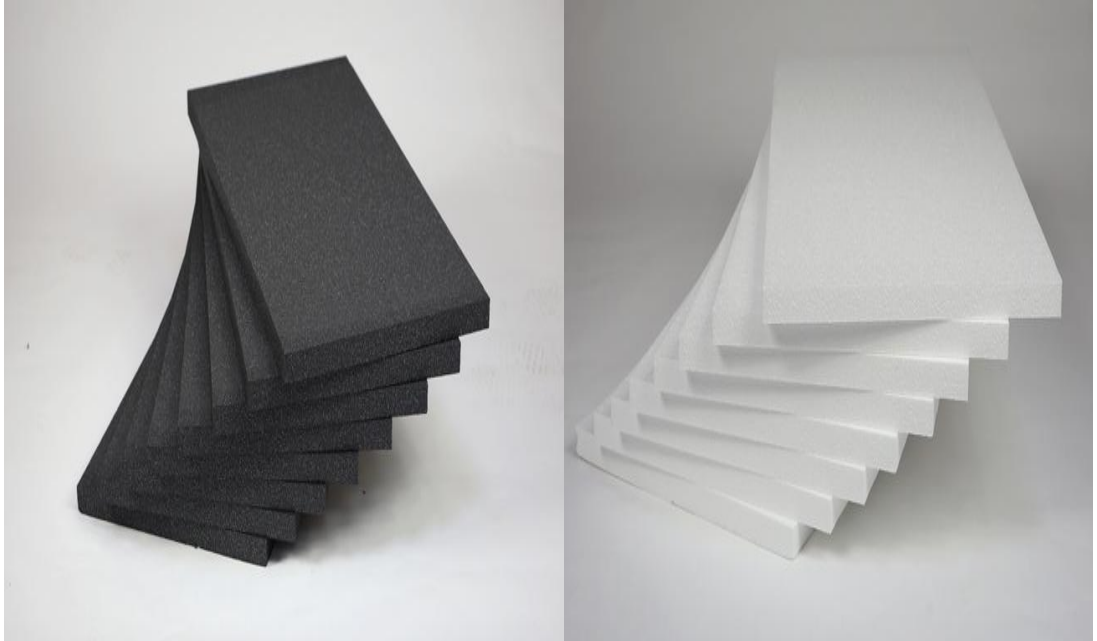
TS EN 13501-1 standartlarına göre "E" sınıfında yer almaktadır. Yanıcı bir madde olması sebebiyle üretim sürecinde bazı kimyasal maddelerin ilave edilmesiyle yangın olması durumunda kendiliğinden sönmelerini sağlayacak şekilde üretim yapılabilmektedir (Akıncı, 2007). EPS kullanım alanları olarak sınırlandırılmıştır. Yabancı ülkelerde yangın riskinin mevcut olduğu binalarda, konum olarak bitişik binalarda ve çok katlı binalarda kullanılmaktadır. Ülkemizde ise kullanılan mekânlar;

- ❖ Binalarda çatı yalıtımında (eğimli çatı ve teras katında)
- ❖ Binalarda taban döşemelerinin ısı yalıtımında
- ❖ Binalarda tavan ısı yalıtımında
- ❖ Soğuk hava depoların ısı yalıtımında
- ❖ Kümeslerde ısı yalıtımında
- ❖ Tesisatın ısı yalıtımında

- ❖ Boru, tank, depoların ısı yalıtımında

EPS (Expanse polistren köpük) ait başlıca özellikler:

- ❖ Isı iletkenlik katsayısı $\lambda \leq 0,040$ W/m.K'dir.
- ❖ Güneş ışınlarından yansıyan mor ötesi ışınlar karşı hassaslık gösterir.
- ❖ Malzeme yoğunluğu 10-40 kg/m³ arasındadır.
- ❖ Su buharı difüzyon direnç faktörü $\mu = 20-100$ 'dür.
- ❖ Uygun kullanım sıcaklığı -50 ile +75 °C aralığındadır.
- ❖ TS EN 13501-1 standartlarına göre E ve F sınıfında bulunmaktadır.
- ❖ Kapiler emicilik özelliği bulunmamaktadır (İzoder, 2003).
- ❖ Kırılgan bir yapıya sahip değildir.
- ❖ Üretiminde yalnız metan gazı kullanılması sebebiyle çevre dostu bir üründür.
- ❖ Ozon tabakasına zarar vermemekte olup, sera gazı etkisine neden olmaz.
- ❖ Geri dönüşümü mümkündür. Bu sebeple çevreye zarar vermez.
- ❖ Zararlı mikroorganizmalardan etkilenmez.
- ❖ Küflenmez, çürüme olmaz ve zamanla koku oluşmaz (Paralı, 2009).

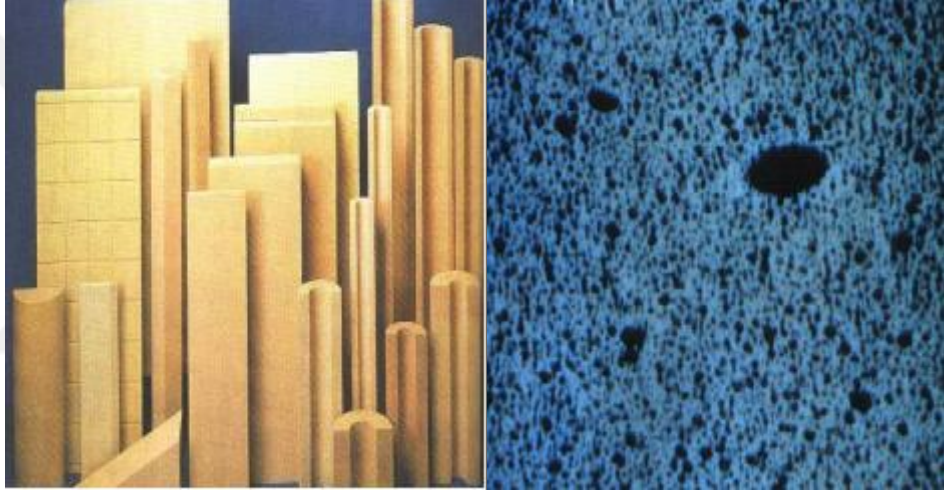


Şekil 7. Ekspande polistren köpük (İzocam, 2018)

2.5.5 Poliüretan Köpük (PUR):

Poliüretan köpük endüstriyel alanlarda kullanım alanı yaygındır. Farklı iki birleşenin bir araya gelmesiyle oluşur. Kullanım alanına göre farklı boyutlar ve biçimde üretilir. Tamamı kapalı gözenekli yapıya sahip olması sebebiyle sızdırmazlık görünmez (Kaya & Öztürk, 2014).

Poliüretan köpük ısı yalıtımı malzemesi olarak bilinse de farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Kayışlar, dişliler, sızdırmazlığı sağlayan ekipmanlar poliüretandan elde edilmektedir (Erdem, 2008).



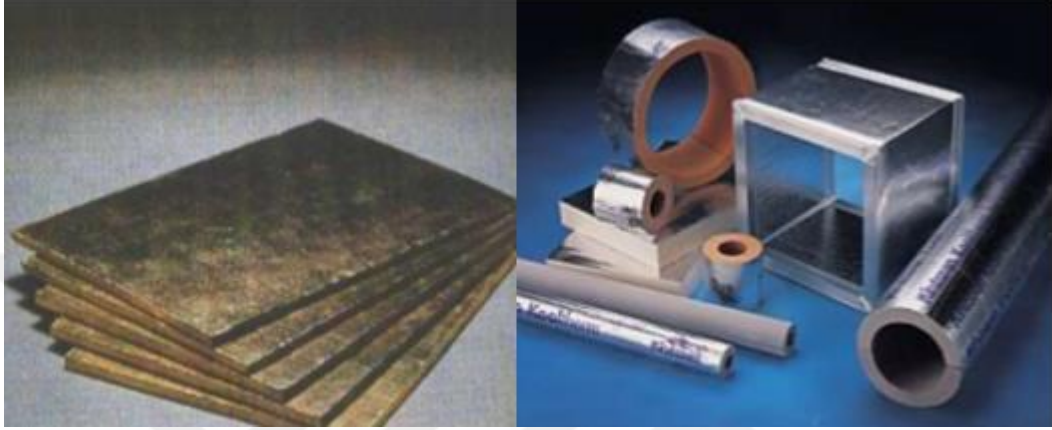
Şekil 8. Poliüretan sert köpük (İzoder, 2003)

PUR (Poliüretan köpük) ait başlıca özellikler:

- ❖ Kullanıma uygun sıcaklık aralığı -200 ile $+110$ °C 'dir.
- ❖ Yangın sınıfı D, E veya F'dir.
- ❖ Isıl iletkenlik katsayısı $0,025-0,040$ W/m.K'dir.
- ❖ Su buharı difüzyon direnç katsayısı $\mu=30-100$ arasında farklılık gösterir.
- ❖ Hacimce su emme oranı % 3-5'dir.
- ❖ Kolaylıkla alev alabilen malzemedir.
- ❖ Güneşten çevreye yansıyan zararlı mor ötesi ışınlarına karşı hassaslık gösterir ve bozulmalara sebep olur (İzoder, 2003).

2.5.6 Fenol Köpüğü (PF):

Fenol köpük fenol-formaldehit bakaliti ile inorganik maddelerin ilave edilmesiyle meydana gelir. Uygun yoğunluklarda blok, pano, boru ve levha şeklinde üretilmekte olup metal ve folyo kaplamalar ile oluşturulur (İzoder, 2003).



Şekil 9. Fenol köpüğü (İzoder, 2003)

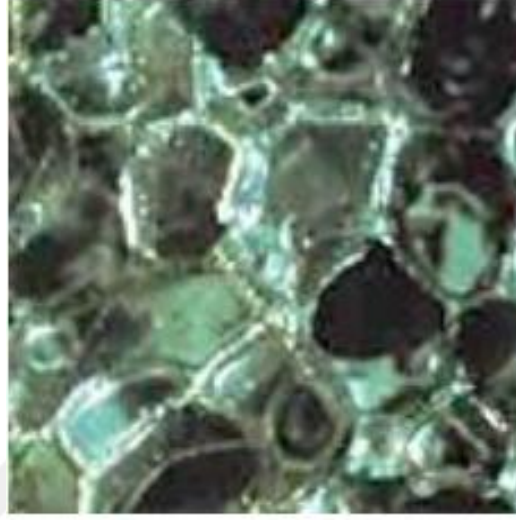
PF (Fenol köpüğü) ait başlıca özellikler:

- ❖ Kullanıma uygun sıcaklık aralığı -180 ile $+120$ °C 'dir.
- ❖ Yangın sınıfının belirlenmesi folyo veya metal kaplı olmasına göre değişkenlik göstermektedir. Kaplamasız yangın sınıfı B, s_2 , d_0 ve alüminyum folyo kaplamalı C, s_2 , d_0 'dir.
- ❖ Isıl iletkenlik katsayısı $0,030-0,045$ W/m.K'dir.
- ❖ Su buharı difüzyonuna karşı direnç değeri $\mu=10-50$ 'dir (Altınışik, 2016).

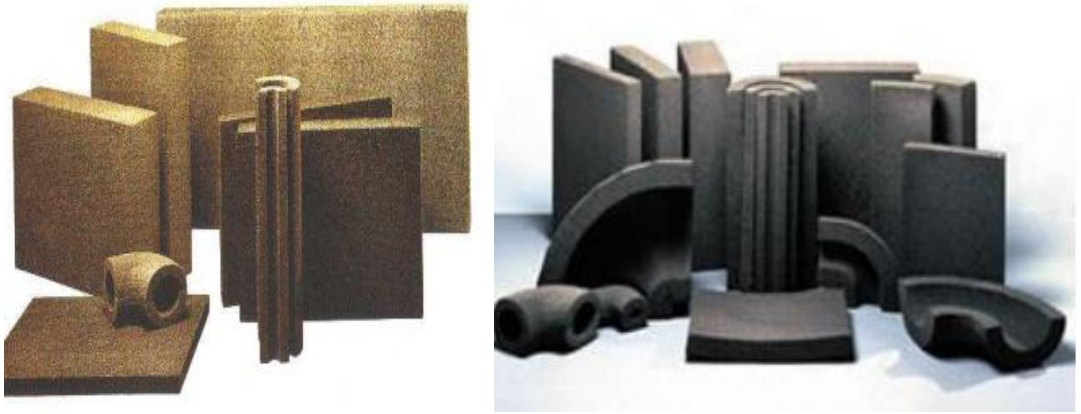
2.5.7 Cam Köpüğü (CG):

Cam köpüğü atık cam kırıklarından ve dolgu malzemesinden meydana gelmektedir. İki ayrı malzeme bir araya getirilerek yüksek sıcaklıkta (510 °C) ısıtılır. Yüksek sıcaklık etkisi ile atık cam hal değişimine uğrayarak sıvı hale getirilir. Dolgu malzemesi ile elde edilen cam malzeme ayrışır. Karışım genişlerken kalıbın yüzeyinde yayılır ve tamamen kaplar.

Elde edilen sonuçla birbiri ile sıkıca bağlı malzemenin her tarafında aynı özelliği gösteren ve kapalı yüzeyli hücreler oluşmaktadır. Farklı yoğunluklarda cam köpüğü elde edilir (İzoder, 2003).



Şekil 10. Birbirine bağlı cam köpüğü görüntüsü (İzoder, 2003)



Şekil 11. Farklı boyut ve şekillerde cam köpüğü (İzoder, 2003)

CG (Cam köpüğü) ait başlıca özellikler:

- ❖ Yangın sınıfı A'dır.
- ❖ Isıl iletkenlik katsayı aralığı 0,045-0,060 W/m.K'dir.

- ❖ Su buharı difüzyon direnç değeri $\mu=\infty$ dur.
- ❖ Su buhar geçiş değeri $0 \mu\text{gm}/\text{Nh}$ ve su emme oranı % 0'dır.
- ❖ Kullanılacak uygun sıcaklık aralığı -260 ile $+430$ °C 'dir.
- ❖ Kimyasal maddelere karşı dayanım gösterir.
- ❖ Güneşten çevreye yansıyan zararlı mor ötesi ışınlarına karşı dayanıklıdır.
- ❖ Farklı yoğunluklarda ($100-150 \text{ kg}/\text{m}^3$) üretilir (İzoder, 2003).

2.5.8 Mantar Levhalar:

Mantar levhalar bitkisel kökenli ve doğal bir ısı yalıtım malzemesi olup, heterojen bir yapıya sahiptir. Akdeniz bölgesine ait olan ağaçlardan elde edilmektedir. Ağaçların yüzeylerinin aşındırılması ile elde edilen mantar, üretimden geçerek granül hale getirilir. Granül kurutur ve kızgın buhara bırakılır. Buhar sürecinden sonra tekrar kurutma işlemi yapılarak soğuk su etkisiyle soğutulur. Bekleme süresinde tamamlandığından istenilen boyut ve şekilde kesme işlemi yapılmaktadır.



Şekil 12. Mantar levha (İzoder, 2003)

Mantar levhaya ait başlıca özellikler:

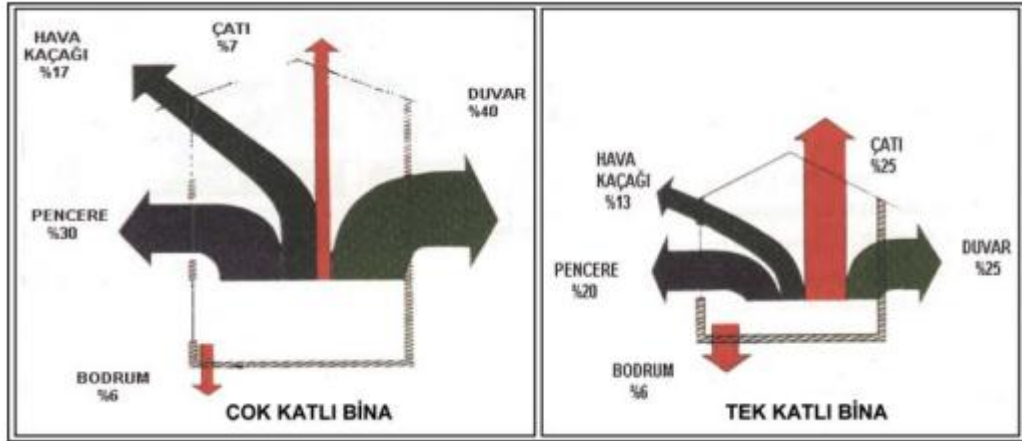
- ❖ Yangın sınıfı E'dir.
- ❖ Isıl iletkenlik katsayı aralığı $0,045-0,055 \text{ W}/\text{m.K}$ 'dir.
- ❖ Su buharı difüzyonuna karşı direnç değeri $\mu=5-10$ 'dur.
- ❖ Kullanıma uygun sıcaklık aralığı -180 ile $+100$ °C 'dir.
- ❖ Güneş ışınlarından çevreye yansıyan zararlı mor ötesi ışınlardan etkilenmez.

❖ Farklı yoğunluklarda (80-500 kg/m³) ve boyutlarda elde edilir (İzoder, 2003).

2.6 Isı Yalıtım Türleri:

Çok katlı binalarda duvar yüzeyinde meydana gelen ısı kaybı bina yüksekliğine bağlı olarak artış göstermektedir. Binaların dış yüzeyleri doğrudan atmosferik hava koşulları ile etkileşim halindedir.

Dış yüzey alanındaki artış ile doğru orantılı olarak ısı kaybı miktarı artmaktadır. Katsayısı fazla olan binalarda toplam ısı kaybının ortalama % 40'ı dış duvar yüzeyinden kaynaklanmaktadır. Katsayısı az olan binalarda ise duvar yüzeyine bağlı olarak bu oran ortalama % 25'dir. Ülkemizin genel enerji rağbetinin % 14'üne tekabül etmektedir.



Şekil 13. Çok katlı ve tek katlı binalarda ısı kaybı (Yaman, ve diğerleri, 2015)

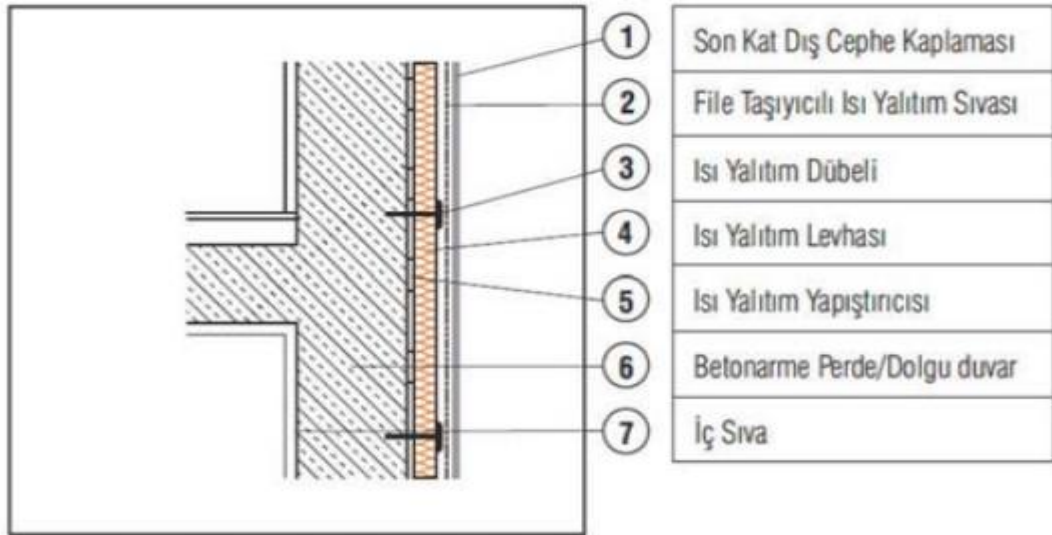
2.7 Dış Duvar Isı Yalıtımı:

Duvarların yalıtımı ısı kaybını büyük oranda etkileyen önemli bir yüzeydir. Çünkü bir binada ısı kaybı, % 20-30'u dış duvarlardan meydana gelmektedir. Bu amaçla dış duvarların ısı iletim katsayısı ile ısı direnci için standartlar geliştirilmiştir. Binalarda dış duvarda ısı kaybı gerçekleşen kolon, kiriş, duvar ve konsola yapılan yalıttır.

Binalarda dış duvar ısı yalıtımı içten, dıştan (mantolama) ve duvar arası (sandviç duvar) olmak üzere 3 farklı yöntem ile uygulanmaktadır.

2.7.1 Dıştan (mantolama) Yalıtım:

Mantolama (dıştan yalıtım) işlemi kelime anlamı olarak da incelendiğinde, dış hava koşullarından korunabilmek için kullandığımız manto gibi dış hava ile teması kesmeye yarayan ve bu sayede binalara bir nevi giydirme yapılması işlemidir. Binaların en fazla ısı kaybının meydana gelen yüzeylerinden biri dış duvardır. Delikli tuğla, ahşap ve beton gibi klasik yapı malzemeleri ile yapılan binaların dış duvarlarında ısı kaybı fazla olması ile birlikte yakıt tüketimi de fazla olacaktır. Böyle bir bina mevsime göre konforsuz hale gelmektedir. Kışın ısı kaybının fazla olması sebebiyle soğuk, yazın ise güneş gören ve tüm dış duvarından ısı geçişi sebebiyle sıcak olmaktadır. Oysa yaşamsal konfor için beklenti bu durumun tam tersidir. Son zamanlarda özellikle batı ülkeleri ile birlikte tüm dünyada mantolama adı ile de bilinen dış duvar ısı yalıtımının uygulanması yaygın hale gelmiştir. Şekil 14'te dıştan yalıtım (mantolama) yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 14. Dış duvardan yalıtım (Yaman, ve diğerleri, 2015)

Dıştan ısı yalıtım uygulaması, bina cephelerini komple kapladığından dolayı yapı fiziği bakımından en ideal yöntem olup, avantajları aşağıdaki gibidir;

- ❖ Binayı dış yüzeyden sararak ısı köprü oluşumunu azaltır.
- ❖ İçten yalıtımda iç mekândan alan kaybı meydana gelirken dış duvar ısı yalıtımında böyle bir durum söz konusu değildir.
- ❖ Binayı dış etkilere karşı koruma görevi üstlenir.
- ❖ Binalara estetik görünüm kazandırır.
- ❖ Dış duvardan meydana gelen ısı kaybını azaltır.

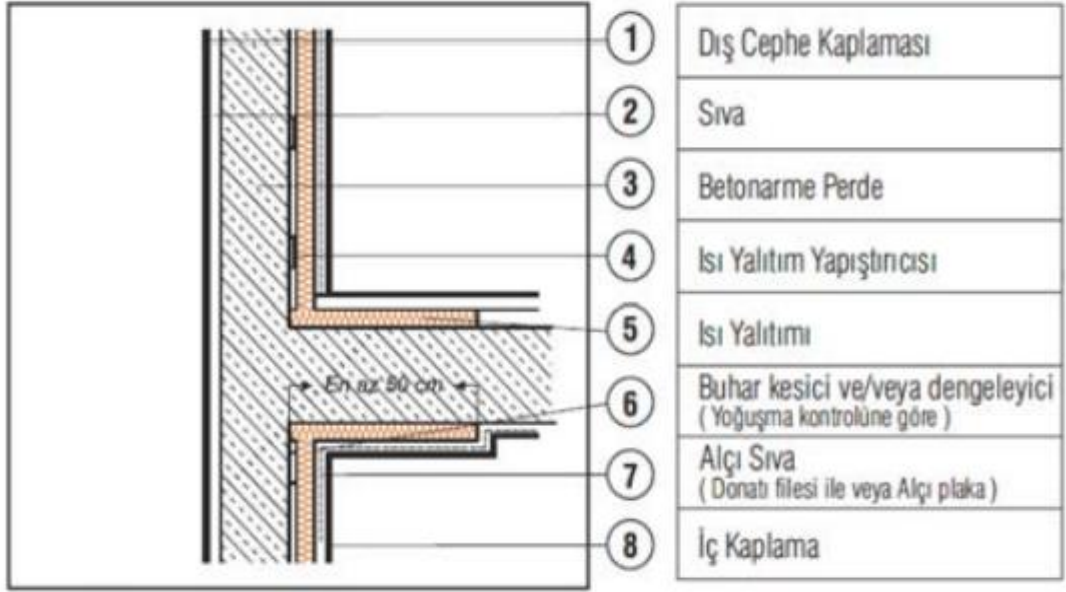
Dıştan yalıtım (mantolama) uygulamasının önemli bir faydası da yeni binaların yanı sıra eski binalarda da uygulanabilirliğidir. Eski binalarında dış görünüşünü kamufle etmektedir. Ayrıca kullanım halinde olan bir binanın iç alanına müdahale etmeden tamamen dış yüzeyinde çalışılması büyük üstünlük sağlamaktadır.

Mantolama uygulamalarında özellikle sert özellik gösteren bütün ısı yalıtım malzemeleri (extrüde polistren (XPS), genleştirilmiş polistren (EPS), poliüretan, taş yünü, cam köpüğü vb.) uygulanabilir.

2.7.2 İçten Yalıtım:

Dış duvarların ısı yalıtımı için yapı fiziği ve uygulanabilirlik kolaylığı açısından en uygun yöntem mantolama olsa bile bazı durumlarda içten mantolama yapılmak zorunda kalınabilir. Böylesi durumlara örnek verilmesi gerekirse; çok katlı binalarda belirli katlara veya bazı mekânlara ısı yalıtımının yapılmasıdır. İçten yalıtım uygulamalarında, iç mekândan dış mekâna doğru hareket halinde olan bir buhar akımı oluşacaktır. Oluşan buhar akımından kaynaklı temas yüzeylerinde terleme noktasının altına düşülerek yoğuşma meydana gelebilmektedir. Yoğuşma suyu duvarda birikerek ve duvara temas halinde olan döşemeye geçerek zamanla zarara neden olacaktır. Duvar ve döşemelerin zarar görmemesi için bina içerisinde buhar dengeleyici bulundurulması ya da su buharı difüzyon direnç değeri uygun olan ısı yalıtım malzemesi seçilmelidir.

Şekil 15'te içten yalıtım yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 15. İç duvardan yalıtım (Yaman, ve diğerleri, 2015)

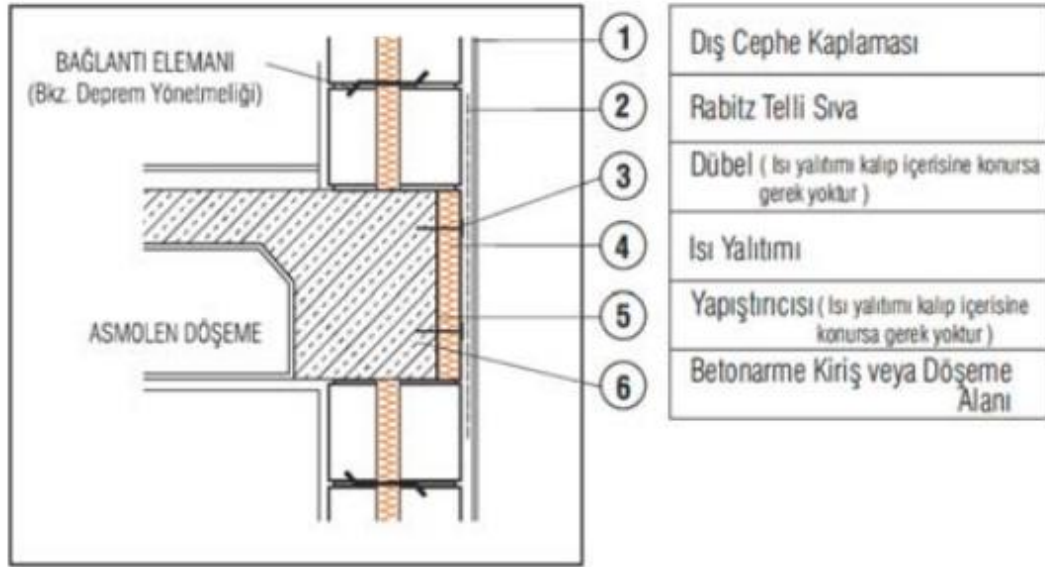
Dıştan ısı yalıtımına göre daha az kullanılan içten ısı yalıtımının avantajları aşağıdaki gibidir;

- ❖ Dış duvarda içten yalıtım, ancak dış taraftan ısı yalıtımı tercih edilemeyen durumlar için uygulanır.
- ❖ Kısa süreli ısıtma ihtiyacı olan yapılarda (sinema, tiyatro, konferans salonu vb.) uygulanmalıdır.
- ❖ İç duvardan yalıtım uygulamalarında kolon, giriş gibi yapı elemanları ısı köprü oluşumuna karşı yalıtılmalıdır.
- ❖ Binalarda içten yalıtım uygulamasında yapı elemanları atmosferik hava koşullarına karşı korunmaya yardımcı olmayacaktır. İçten yalıtım uygulamaları tercih edilen binaların ömrü ve güvenilirliği daha düşüktür. Fakat içten yalıtım dıştan yalıtıma göre daha basit bir uygulamaya sahip olup, işçiliği daha kolaydır (Yalıtım, 2012).

2.7.3 Duvar Arası (Sandviç Duvar) Yalıtım:

Duvar arası (sandviç) ısı yalıtımı uygulamalarında kullanılan ısı yalıtımı malzemesi iki duvar arasında bulunmaktadır. Sandviç duvarlar iki tip olup, boşluksuz ve boşluklu tipleri bulunmaktadır.

Boşluklu sandviç duvar uygulamalarında ısı yalıtım malzemeleri, dış duvar iç yüzeyine teması sonrasında hava boşlukları bırakılır ve iç duvar örülür. Boşluksuz uygulamada ise, ısı yalıtım levhalarının iç yüzeye yapıştırılmasının ardından bitişik biçimde iç duvar tarafı örülür. Her iki şekilde de ısı yalıtımı elemanlarının birbiri ile bağlantısına dikkat edilir. Dıştan ve içten yalıtıma göre daha az tercih edilir. Çünkü yoğuşma duvar içerisinde gerçekleşir ve yapı olumsuz etkilenir. Şekil 16'da duvar arası (sandviç) yapı elemanları gösterilmektedir.



Şekil 16. Duvar arası (sandviç duvar) yalıtım (Yaman, ve diğerleri, 2015)

Dıştan ısı yalıtımına ve içten ısı yalıtımına göre daha az kullanılan duvar arası yalıtımının avantajları aşağıdaki gibidir;

- ❖ Sandviç duvar yapısına sahip binalarda duvarlar arasına yalıtım malzemesi uygulanabilmesi için boşluklu bir yapıya sahiptir. Duvar boşluğuna levha halinde ve sıvı halde ısı yalıtım malzemesi uygulaması yapılması mümkündür.
- ❖ Sıvı halde tercih edilen ısı yalıtım malzemesi sandviç duvar yapısında etkilere karşı formu değişmeyen rijit bir yapı oluşturur.
- ❖ Sandviç tipi duvar yapıları birbirlerine tel gibi bağlantı elemanlarıyla belirli aralıklarla bağlanmalıdır.
- ❖ Dış cephe görüntüsünü etkilemez.
- ❖ Çoğunlukla sanayi tipi yapılarda tercih edilir.
- ❖ Yapı elemanı arasında ısıl köprü oluşturulur.

2.8 Çatı Yüzeyi Isı Yalıtımı:

Binalarda ısı kaybının önemli bir kısmı çatıda meydana gelmektedir. Uygun malzeme ve işçilik ile yapılan çatı yalıtımları kış aylarında mevcut alan içindeki sıcak havanın dışarıya geçişini engellediği gibi, yaz aylarında bina dışındaki sıcak havanın bina içerisine geçişini engellemektedir. Isı kaybı, uygulanan çatının tipine göre değişiklik göstermektedir. Isı kaybının en az olduğu tip üzeri çatı ile örtülü tavadır. Çatı yalıtımında en çok kullanılan ısı yalıtım malzemesi alüminyum folyolu cam yünüdür.

Çatının şekline (teras, üzeri çatı ile örtülü tavan gibi) göre uygulanacak yalıtım türü farklılık göstermektedir. Isı kaybı en az olması için kullanılan en uygun şekil üzeri çatı ile örtülü (oturtma) tavadır. Oturtma çatılarda uygulanan yalıtım malzemesinin ezilmemesine, ıslanmamasına ve gerektiğinde buhar kesici ile birlikte uygulanmasına dikkat edilmelidir. En hassas nokta olan bacanın bulunduğu bölgede olası bir yangın durumunun önüne geçmek için bacaya yakın yüzeylerde yanmayan yalıtım malzemesi seçilmelidir.

Şekil 17’de çatı yalıtımı yapı elemanları gösterilmektedir.



Çatı ısı yalıtımının avantajları aşağıdaki gibidir;

- ❖ Isı kaybının önüne geçilerek, ısınma için harcanan enerji ihtiyacı azalır.
- ❖ Isınma ihtiyacındaki azalma ile birlikte fosil yakıt kullanımı azalır ve çevreye yayılan zararlı gaz miktarı azalır.
- ❖ Enerji israfı azalır.
- ❖ Yalıtımlı çatılarda; su sızıntısı, rutubet, kötü koku, küflenme oluşumu azalır.
- ❖ Sıcak ve soğuk hava farkı azalır.
- ❖ Dış havadan içeriye ve içeriden dış hava ısı geçişi önlenir.

2.9 TS 825 (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği) Hesap Yöntemi

2.9.1 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları:

TS 825 ısı yalıtım standartlarına göre, ele alınan binalar tüm özellikleri ile incelenmektedir. TS 825 “Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı” binalarda meydana gelen enerji kaybının büyük ölçüde olduğunu ve yalıtım uygulamaları ile iyileştirme yapılacağını hedefler.

TS 825’de derece-gün (DG) hesaplamalarında Türkiye’de farklı iklim koşullarına göre 4 farklı derece-gün bölgesine ayrılmıştır.

Belirlenen bölgeler illerin buldukları konumları, dış ortam sıcaklıkları, güneşten gelen ışınım boyutu gibi etkenler ile 4 bölgeye sınıflandırılmıştır. 1. Bölgeden 4. Bölgeye doğru iklim koşulları zorlaşmakta ve soğuk hava etkisi mevcuttur. 1. Bölgede ılıman iklim şartları olup, ısıtma ihtiyacının minimum olduğu iklim bölgeleridir. Genellikle 1. Bölgede yer alan iller Akdeniz bölgesine ait illerdir. 4. Bölge’yi ele alırsak karasal iklimin egemen ve ısıtma ihtiyacının fazla olduğu iller yer almaktadır. Genellikle Doğu illeri 4. Bölge’de bulunmaktadır.

2.9.2 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının Amacı:

TS 825 Binalarda ısı yalıtımı standartlarına göre ülkemizde bütün bina çeşitlerinin ısıtılması için harcanan enerji miktarlarının belirli bir seviyede tutarak sınırlanmalıdır. Böylece harcanan enerji miktarının azaltılması ile enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu standart enerji ihtiyacının hesaplanması için baz alınacak standart hesap metotları ve değerleri belirlemektedir.

TS 825 standartları aşağıda yer alan amaçlar için de kullanılabilir:

- ❖ Yeni inşa edilecek olan bir bina için farklı tasarımlar standarda göre hesap metotları belirlenir ve hesaplanan değerler uygulanır, en uygun enerjiyi elde edecek tasarım yapılır,
- ❖ Var olan binalarda belli ısıtma enerji tüketimini ölçmek,
- ❖ Var olan binada yenileme planı yapılmadan önce, enerji tasarrufunu ölçmek,
- ❖ Binalarda enerji ihtiyacını belirleyerek, gelecek yıllardaki enerji ihtiyacını gözlemlemek.

2.9.3 TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarının Uygulama Alanları:

- ❖ Konutlar,
- ❖ Yönetim binaları,
- ❖ İş ve hizmet binaları,
- ❖ Otel, motel ve lokantalar,
- ❖ Öğretim binaları,
- ❖ Tiyatro ve konser salonları,
- ❖ Kışlalar,
- ❖ Ceza ve tutuk evleri,
- ❖ Müze ve galeriler,
- ❖ Hava limanları,
- ❖ Hastaneler,
- ❖ Yüzme havuzları,
- ❖ İmalât ve atölye mahalleri,
- ❖ Genel kullanım amaçları için iç sıcaklıkları asgari 15°C olacak şekilde ısıtılan iş yerleri, endüstri ve sanayi binalarıdır (TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları , 2009).

2.9.4 TS 825 Binalarda Isıtma Enerjisi İhtiyacına Etki Eden Faktörler:

- ❖ Binanın özellikleri: İletim, taşınım ve havalandırma yoluyla oluşan ısı kayıpları, ısıl kapasite ve ısı geri kazanımları,
- ❖ Isıtma sisteminin karakteristikleri: Kontrol ve ısıtma sistemlerinin, ısıtma enerjisi ihtiyacında oluşan değişmelere yanıt verme süresi,
- ❖ İç iklim koşulları: Binanın kullanıma uygun sıcaklık değeri, binada farklı bölümlerde ve günün farklı anlarında mevcut sıcaklık değerlerinde oluşan değişiklikler,
- ❖ Dış iklim koşulları: Binanın bulunduğu ortalama dış hava sıcaklığı, rüzgâr yönü ve şiddeti,
- ❖ İç ısı kazanç kaynakları: Isıtma sisteminin dışında ısıtma ihtiyacını sağlamaya katkıda bulunan, iç ısı kaynakları, yemek pişirilmesi, sıcak su elde edilmesi, aydınlatma sistemi gibi birçok amaç ile kullanılan ve ortama ısı yayılımı yapan çeşitli cihazlar ve insan kaynaklı kazançlar,
- ❖ Güneş enerjisi: Güneşten gelen ışınlar ve pencere gibi saydam yapıya sahip bina elemanlarından ısıtılan mekâna doğru iletilen güneş enerjisi (TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları , 2009).

2.9.5 TS 825 İllere Göre Derece-Gün Bölgeleri:

Binalarda ısı yalıtım standartları ulusal düzenlemeler ile belirlenmektedir. Standartlar 1999 yılında “Binalarda ısı yalıtım kuralları” (TS 825) olarak belirlenmiştir. Binalarda ısı yalıtım kurallarına göre ülkemizde derece gün belirlenmiş ve bu bölgeler dört ayrı bölgeye ayrılmıştır. Bölgelerin farklılaşmasında asıl etken illerin bulunduğu coğrafi konum, iklim koşullarıdır (Gürel & Daşdemir, 2011).

TS 825 standartlarına göre bazı il ve ilçeler, bulunmuş oldukları coğrafi konum ve iklim itibarıyla 4 farklı derece-gün bölgesi belirlenmiştir. Farklı bölgelere ait şehirler, Şekil 18’de gösterilmiştir.

1. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
ADANA	AYDIN	MERSİN	OSMANİYE	
ANTALYA	HATAY	İZMİR		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 1.Bölgede olan belediyeler				
AYVALIK (Balıkesir)	DALAMAN (Muğla)	FETHİYE (Muğla)	MARMARİS (Muğla)	
BODRUM (Muğla)	DATÇA (Muğla)	KÖYCEĞİZ (Muğla)	MİLAS (Muğla)	
GÖKOVA (Muğla)				
2. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
SAKARYA	ÇANAKKALE	KAHRAMAN MARAŞ	RİZE	TRABZON
ADYAMAN	DENİZLİ	KİLİS	SAMSUN	YALOVA
AMASYA	DİYARBAKIR	KOCAELİ	SİİRT	ZONGULDAK
BALIKESİR	EDİRNE	MANİSA	SİNOP	DÜZCE
BARTIN	GAZİ ANTEP	MARĐİN	ŞANLI URFA	
BATMAN	GİRESUN	MUĞLA	ŞIRNAK	
BURSA	İSTANBUL	ORDU	TEKİRDAĞ	
İli 3. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
HOPA (Artvin)	ARHAVİ (Artvin)			
İli 4. Bölgede olupda kendisi 2.Bölgede olan belediyeler				
ABANA (Kastamonu)	BOZKURT (Kastamonu)	ÇATALZEYTİN (Kastamonu)		
İNEBOLU (Kastamonu)	CİDE (Kastamonu)	DOĞANYURT (Kastamonu)		
3. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AFYON	BURDUR	KARABÜK	MALATYA	
AKSARAY	ÇANKIRI	KARAMAN	NEVŞEHİR	
ANKARA	ÇORUM	KIRIKKALE	NİĞDE	
ARTVİN	ELAZIĞ	KIRKLARELİ	TOKAT	
BİLECİK	ESKİŞEHİR	KIRŞEHİR	TUNCELİ	
BİNGÖL	İĞDIR	KONYA	UŞAK	
BOLU	İSPARTA	KÜTAHYA		
İli 1. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
POZANTI (Adana)	KORKUTELİ (Antalya)			
İli 2. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
MERZİFON (Amasya)	DURSUNBEY (Balıkesir)	ULUS (Bartın)		
İli 4. Bölgede olupda kendisi 3.Bölgede olan belediyeler				
TOSYA (Kastamonu)				
4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ				
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ		
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ		
BAYBURT	HAKKÂRİ	SİVAS		
BİTLİS	KARS	VAN		
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT		
İli 2. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)	
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	GÖKSUN (K.Maraş)		
İli 3. Bölgede olupda kendisi 4.Bölgede olan belediyeler				
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)		

Şekil 18. TS 825 standardına göre derece gün illeri

(TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları , 2009)

Örnek bir bölgeye ait, derece gün hesaplamalarında kullanılacak olan ortalama aylık güneş ışınımı şiddeti değerleri [W/m^2], Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
I güney	72	84	87	90	92	95	93	93	89	82	67	64
I kuzey	26	37	52	66	79	83	81	73	57	40	27	22
I batı/doğu	43	57	77	90	114	122	118	106	81	59	41	37

Not: Ara yönlerin aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti değerleri olarak, hâkim yönlerin değerleri, yatay camlarda ise Güney yönü için verilen değerler alınır.

$r_{i,ay}$: “i” yönünde saydam yüzeylerde aylık ortalama gölgelenme faktörüdür. Değerleri, Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü değerleri

	$r_{i,ay}$
Saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü değerleri	0,8
Ağaçlardan kaynaklanan gölgelenmenin olduğu ve/veya 10 kata kadar yükseklikteki binaların bulunduğu yönlerde	0,6
Bitişik nizam ve/veya 10 kattan daha yüksek binaların bulunduğu yönlerde	0,5

g_{\perp} : Laboratuvar ortamında belirlenen yüzeye dik gelen ışının güneş enerjisini geçirme faktörüdür. Ölçü değerlerinin bulunmaması gibi durumlarda “ g_{\perp} ” için Tablo 4’te yer alan değerler kullanılabilir.

Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü, Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Güneş enerjisini geçirme katsayısı

Cam türü	g _L
Renksiz tek cam için	0,85
Renksiz yalıtım camı birimi için	0,75
Isıl geçirgenlik katsayısı 2 W/m ² K'den daha küçük olan diğer ısı yalıtım birimleri için	0,5

Bölgelere göre en büyük ve en küçük $A_{top}/V_{brüt}$ oranına bağlı olarak sınırlandırılan Q hesaplanması:

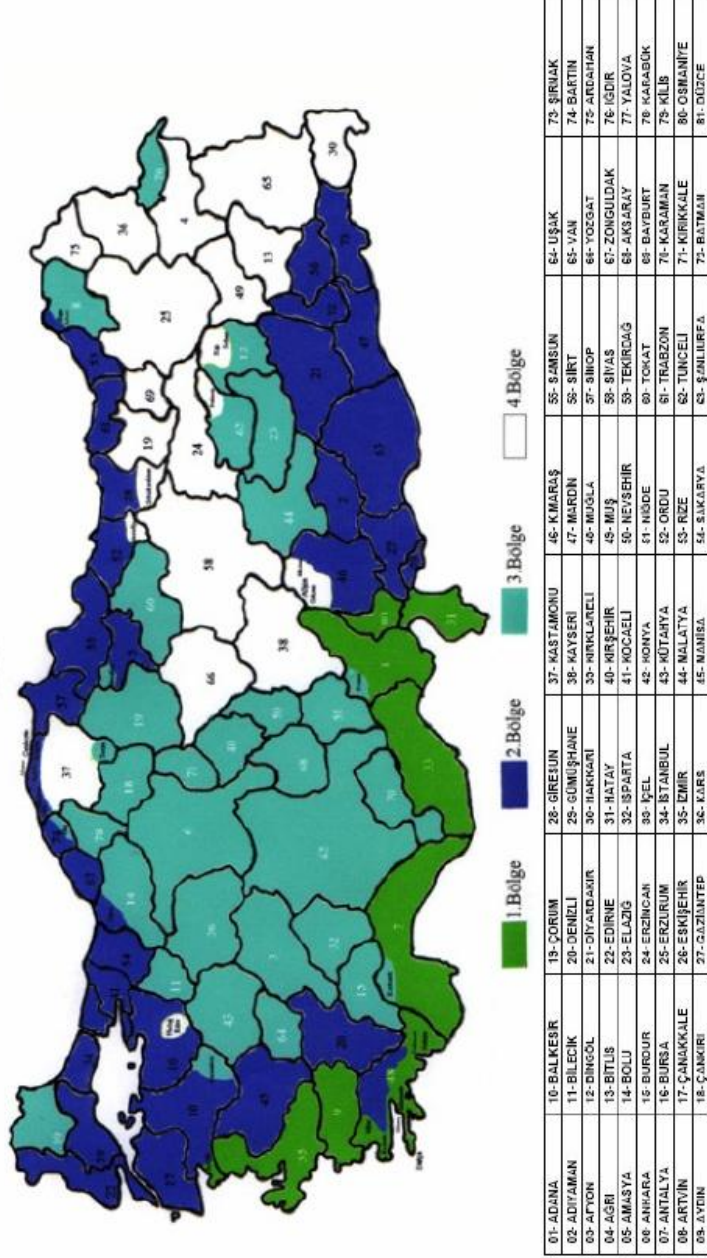
A_{top} : Dış duvar, tavan, taban (döşeme), pencere, kapı gibi yapı bileşenlerinin ısı kaybı gerçekleşen tüm yüzey alanlarının dış ölçülerine göre bulunan toplamıdır. Birimi "m²"dir.

$V_{brüt}$: Binaların ısı kaybı gerçekleşen yüzeylerini çevreleyen ve dış kabuğunun ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m³" tür (TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları , 2009)

Tablo 5. Bölgelere göre Q hesap değerleri

1. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 44,1 \times A/V + 10,4$ [kWh/m ² .yıl] $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{1.DG} = 14,1 \times A/V + 3,4$ [kWh/m ² .yıl]
2. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 70 \times A/V + 24,4$ [kWh/m ² .yıl] $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{2.DG} = 22,4 \times A/V + 7,8$ [kWh/m ² .yıl]
3. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 76,3 \times A/V + 36,4$ [kWh/m ² .yıl] $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{3.DG} = 24,4 \times A/V + 11,7$ [kWh/m ² .yıl]
4. Bölge	A_n ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 82,8 \times A/V + 50,7$ [kWh/m ² .yıl] $V_{brüt}$ ile ilişkili $Q'_{4.DG} = 26,5 \times A/V + 16,3$ [kWh/m ² .yıl]

Derece gün bölgelerine göre illerimiz



Şekil 19. TS 825'e göre derece gün bölgelerine göre illerimiz
(TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları , 2009)

2.10 Binanın Proje Bilgileri:

Hesaplamlarda baz alınan sağlık hizmeti binası ile ilgili bilgiler;

Kullanım amacı: Sağlık Hizmeti

Kat adedi: Bodrum + Zemin + 2 kat

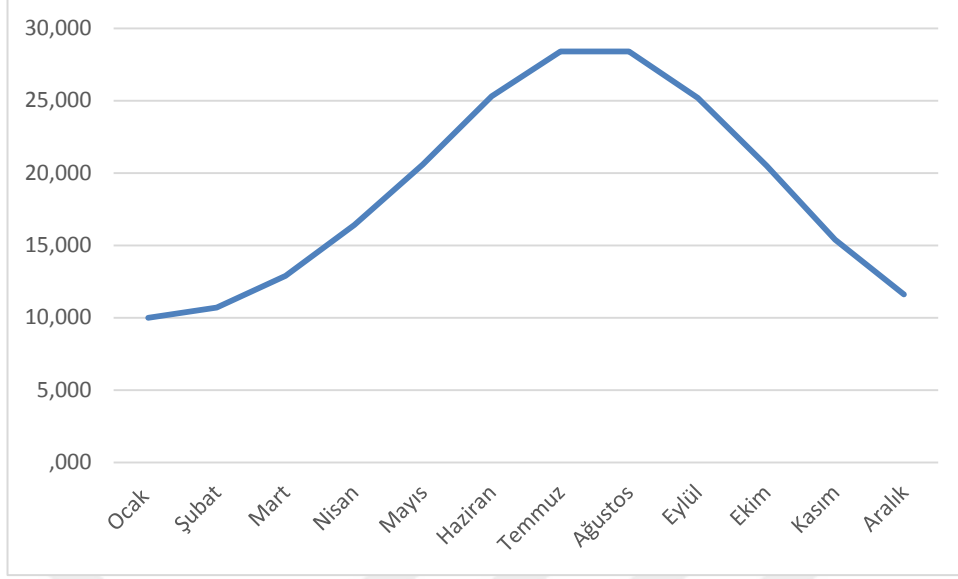
Hastanede röntgen odaları, idari bölümler, ameliyathaneler, laboratuvarlar, çamaşırhane, teknik hacimler, poliklinik alanları, koridorları, kat holleri vb. mahaller bulunmaktadır.

Hastanede soğutma ve havalandırma yapılan tüm alanlar için ısı kazancı ve ısı kaybı hesapları yapılarak dâhili ve harici yükler tespit edilmiştir. Isı kazancı hesapları aşağıda yer alan yükler dikkate alınarak hacimler bazında yapılmıştır.

- Duvar ve çatılardan elde edilen periyodik ısı kazancı,
- Camdan elde edilen radyasyon ve transmisyon ısı kazancı,
- İç bölmeler, tavan ve döşemelerden elde edilen ısı kazancı,
- İnsanlardan kaynaklanan duyulur ve gizli ısı kazancı,
- Aydınlatma, elektrik kaynaklarından elde edilen dâhili ısı kazancı.

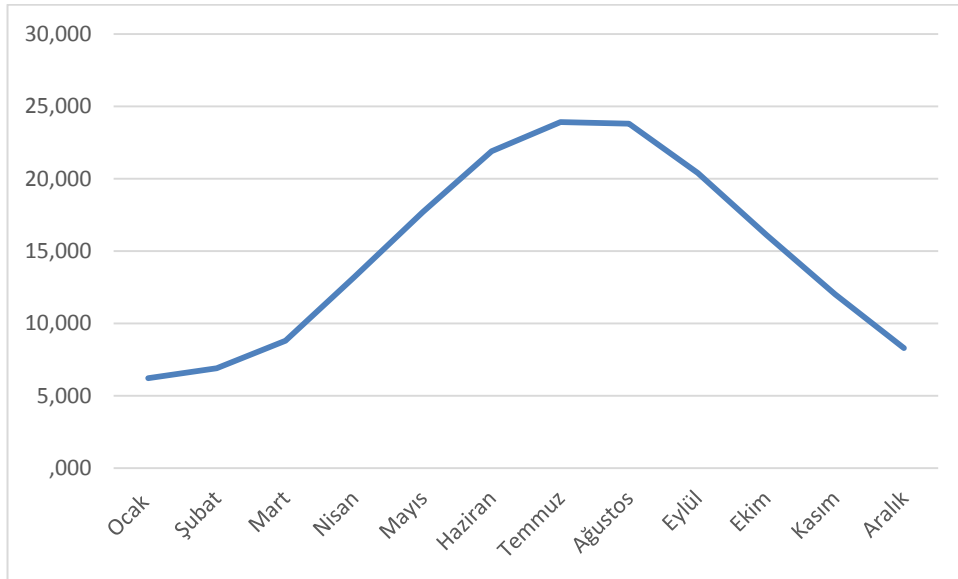
Proje için seçilen 4 farklı Derece-Gün bölgesine göre şehirler;

1.Bölge için Antalya şehri seçilmiştir. Antalya ili Akdeniz bölgesinin batısında yer almaktadır. Akdeniz iklimine sahip olup, yaz ayları sıcak ve kurak kış ayları ılık ve yağışlıdır. Yaz aylarında ortalama sıcaklık değerleri 30-34 °C arasında ve kış ayında 9-15 °C arasında değişiklik göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 18,8 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 24,2 °C ve en düşük sıcaklık 13,7 °C'dir. Sıcak bir iklime sahip olması nedeniyle kış aylarında kar yağışı ve buz tutma gibi meteorolojik durumlar neredeyse meydana gelmez. Yıl genelinde nispi nem oranı ortalama % 64'tür (Coğrafya dünyası, 2020).



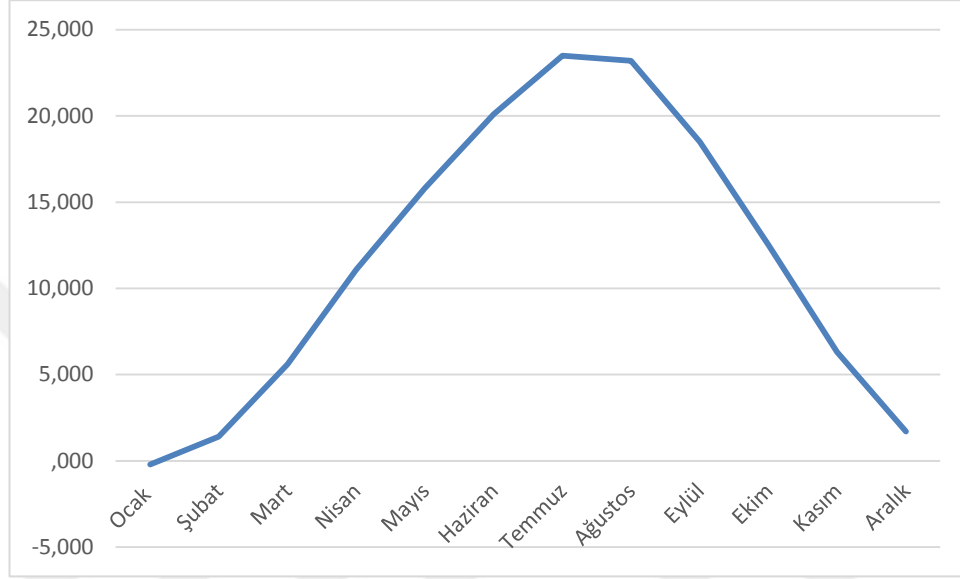
Şekil 20. Antalya ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri

2.Bölge için Kocaeli şehri seçilmiştir. Kocaeli ilinde yaz ayları sıcak, kısmen az yağışlı ve kış ayları yağışlı, karlı soğuk geçer. Körfez ve Karadeniz kıyısında ılıman hava, dağlık alanlarda daha sert bir iklim yaşanır. Bu sebeple Kocaeli iklimi, Akdeniz iklimi ve Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi gibi düşünülebilir (Kocaeli büyük şehir belediyesi, 2017).



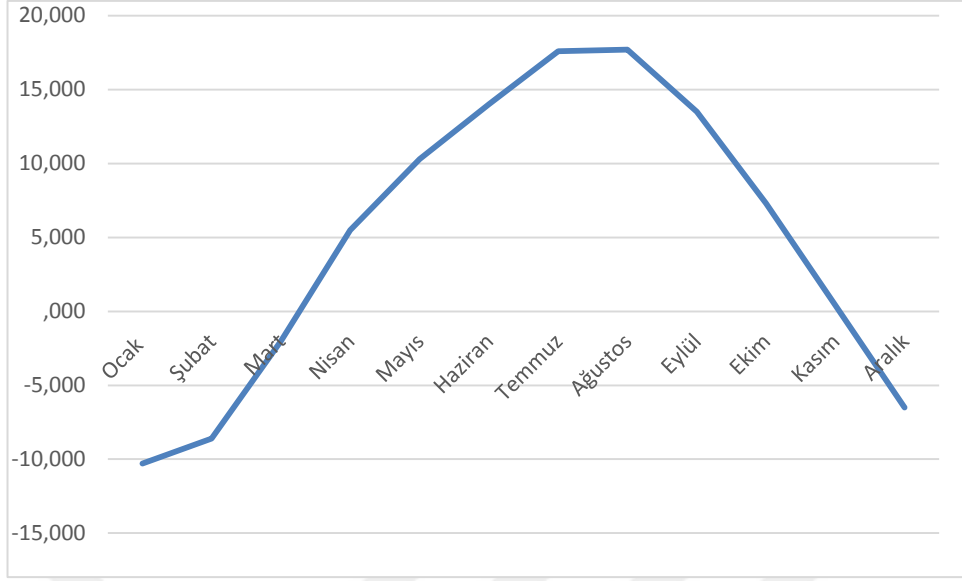
Şekil 21. Kocaeli ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri

3.Bölge için Konya şehri seçilmiştir. İç Anadolu bölgesinin güney bölümünde bulunan Konya ili kış ayları sert, soğuk, kar yağışlı ve yaz ayları sıcak, kurak gerçekleşir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 11,6 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 18 °C ve en düşük sıcaklık 5,4 °C'dir. Yıl genelinde nispi nem oranı ortalama olarak % 60'tır (Coğrafya dünyası, 2020).



Şekil 22. Konya ili yıllık ortalama dış sıcaklık değeri

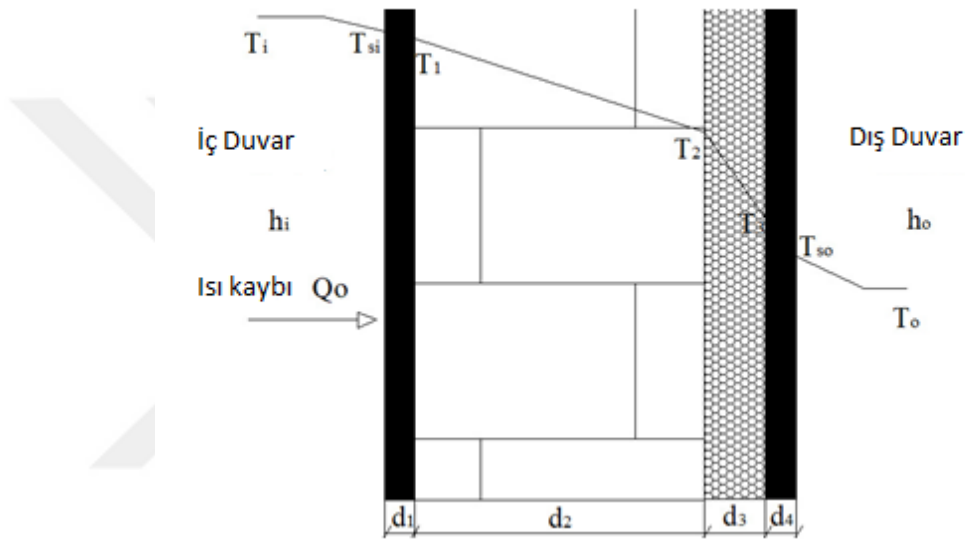
4.Bölge için Kars şehri seçilmiştir. Kars ilinde sert yüksek yayla iklimi yaşanmaktadır. Sibiryaya yüksek basınç etkisi görünmektedir. Kış ayı ortalama yedi ay sürer. Kar yağışı yıl boyunca fazladır. Yıllık ortalama sıcaklık 18,8 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 4,9 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık değeri 11,5 °C ve en düşük sıcaklık değeri -1,8 °C'dir (Coğrafya dünyası, 2020).



Şekil 23. Kars İli yıllık ortalama dış sıcaklık değeri

2.11 Isı Kaybı Hesabı

Binalarda enerji kayıpları genellikle taban, tavan, dış duvar yüzeyi, pencere ve kapılarda oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda en fazla kayıp dış duvarda meydana geldiği belirlenmiştir. Binaların oluşan iletim ve taşınım yoluyla enerji hesabı aşağıda belirtildiği gibi hesaplanabilir. Ayrıca dış duvar yapı malzemeleri ve kalınlıklarında oluşan ısı geçişi Şekil 24'te gösterilmiştir.



Şekil 24. Dış duvardan iletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi

Isı kaybeden binanın yüzey alanları toplamı (A_{Toplam}) : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı gibi yapı bileşenlerinden meydana gelen ısı kaybeden yüzey alanlarının ölçülerine göre alanları toplamıdır. Birimi " m^2 "dir.

Eşitlikte yer alan geçirgenlik katsayısı (U), binanın yapı elemanlarına ve ısı iletkenlik direnci (R) ile bağlantılıdır.

$$U = \frac{1}{R}$$

Isı kaybının olduğu alanlarda ayrı ayrı yüzey çarpım katsayısı ile yüzeyin, $A \times U$ değeri çarpılır.

$$\sum AU = U_D \cdot A_D + U_p \cdot A_p + U_k \cdot A_k + 0,8 \cdot U_T \cdot A_T + 0,5 \cdot U_t \cdot A_t + U_d \cdot A_d + \dots$$

(2.1)

Binanın özgül ısı kaybı (H) : İç ve dış ortamların arasında 1 K sıcaklık farkı oluşmasında, binanın dış yüzeyinden iletim ve havalandırma yoluyla birim zamanda kaybolan ısı enerjisi miktarına denir. Birimi "Watt/Kelvin" dir.

Binanın özgül ısı kaybının (H) hesaplanması, iletim ile taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H_V) toplanmasıdır.

$$H = H_T + H_V$$

(2.2)

Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_V) : Doğal havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı hesaplamalarında hava değişim oranı (n_h) değeri, 0,8'dir. Eşitliği aşağıdaki gibi olup, havalandırılan hacim (V_h), " $0,8 \cdot V_{brüt}$ " şeklindedir.

$$H_V = 0,33 \cdot n_h \cdot V_h$$

(2.3)

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H_T) : Yapı elemanlarından iletilen ısı kaybına eğer varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı toplanır. Duvarlardan (dolgu ve taşıyıcı), tavandan, döşemeden, pencerelerden, kapılardan, iç ortama temas eden yapı elemanlarının ısı köprülerinden oluşan ısı kayıplarının toplamı olup, aşağıda eşitlikten hesaplanmaktadır.

$$H_T = \sum A.U + I.U_I$$

(2.4)

Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Q_{ay}) : Isıtma sistemi tarafından ihtiyacı olan mekâna bir aylık verilmesi gereken ısı enerjisi miktarına denir. Birimi "Joule" dır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı her ay verilerine göre ısı kayıplarından ısı kazançlarının çıkartılmasıyla hesaplanmakta olup, denklem aşağıda yer almaktadır. Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı (θ_e), ortalama dış ortam sıcaklığının aylık değeridir. Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (θ_i), ortalama iç sıcaklığının aylık değeridir. Birimleri "°C" tur.

$$Q_{ay} = [H.(\theta_i - \theta_e) - \eta.(\phi_{i,ay} - \phi_{s,ay})].t$$

(2.5)

Denklemden yer alan " $H.(\theta_i - \theta_e)$ " ısı kayıplarını, " $\eta.(\phi_{i,ay} - \phi_{s,ay})$ " ısı kazançlarını vermektedir. Her ay için ayrı ayrı hesaplanan aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı formülünde, sonucun negatif olduğu ay veya aylar sıfır olarak kabul edilir. Hesaba sadece pozitif sonuçlu aylar dâhil edilir.

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ($Q_{yıl}$) : Isıtma sistemi tarafından ısıtılma ihtiyacı olan mekâna bir yıllık verilmesi gereken ısı enerjisi miktarına denir. Birimi "kWh" dır.

$$Q_{yıl} = 0,278. 10^{-3}. \sum Q_{ay}$$

(2.6)

Aylık binanın iç ısı kazançları ($\phi_{i,ay}$) : Isıtma kaynakları haricinde binalarda, mekân içerisinde farklı kaynaklardan (insanların metabolik faaliyetleri, yemek pişmesi, aydınlatma sistemlerinden, elektrikli cihazlardan yayılan enerji) elde edilen ısı miktarının ısıtılan ortama birim zamanda bulunan ısı enerjisi miktarına denir. Birimi "Watt" tır. Eşitliği aşağıdaki gibi olup, binaların net kullanıma uygun alanı (A_n), "0,32. $V_{brüt}$ " şeklindedir.

$$\phi_{i,ay} = 10 \cdot A_n$$

(2.7)

Aylık güneş enerjisi kazançları ($\phi_{g,ay}$) : Isıtılan mekâna birim zaman içerisinde, güneş tarafından yayılan güneş enerjisi miktarına denir. Enerji, pencere yüzeyleri tarafından doğrudan güneş ışınları tarafından sağlanmaktadır. Birimi "Watt" tır. Eşitliği aşağıdaki gibi olup, saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelendirme faktörü $r_{i,ay}$ bina konumuna göre değişkenlik göstermektedir. 3 farklı değere sahip olabilen saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelendirme faktörü ($r_{i,ay}$), Tablo 3'ten seçilir.

$$\phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i$$

(2.8)

Aylık kazanç kayıp oranı (KKO_{ay}) : Isı kazançlarının (aylık iç ısı ve güneş enerjisi kazançları) olması her zaman enerji ihtiyacına olumlu etki etmesi demek değildir. Örneğin, ısı kazançlarını yüksek olduğu zamanlarda anlık kayıp fazla olabilir ya da ısı kazançları ihtiyaç durumunda meydana gelmeyebilir. Böylece ısı kazançları kazanç kullanım faktörü ile azalır. Azalma, kaybedilen ve kazanılan enerji miktarı ile binanın ısı enerjisine bağlıdır.

$$KKO_{ay} = \frac{(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})}{H \cdot (\phi_{i,ay} - \phi_{e,ay})}$$

(2.9)

Aylık kazanç kayıp oranının, 2,5 ve üzeri olması, aylık ısı kaybı olmaması demektir.

Kazanç kullanım faktörü (η) : İç ısı ile güneş enerjisi kazançları toplamının ortamın ısıtılmasına olan katkı oranına denir. Birimi yoktur.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\left(\frac{-1}{KKO_{ay}}\right)}$$

(2.10)

Hesaplama yapılan binadaki birim basına düşen yıllık ısıtma enerjisi (Q) : Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının ısıtılan binanın brüt hacmine oranıdır. Isıtılan binanın brüt hacmi ($V_{brüt}$), binanın ısı kaybı olan bölümlerinin ve dış yüzey ölçülerine göre hesaplanan hacimdir. Birimi "m³" tür.

$$Q = \frac{Q_{yıl}}{V_{brüt}}$$

(2.11)

Güneş enerjisi geçirme faktörü ($g_{i,ay}$) : Camlar için düzeltme faktörü (F_w), 0,8 olarak alınır. Laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerjisi geçirme faktörü (g_{\perp}), binanın cam türüne göre 3 farklı değer alır. Ve tablo 4'ten seçilerek aşağıda yer alan eşitlik ile hesaplanır.

$$g_{i,ay} = F_w \cdot g_{\perp}$$

(2.12)

(TS 825, 2008)

2.12 Ekonomik Analiz Yöntemi:

Yatırım yapılmasında asıl amaç ekonomik açıdan katkı sağlamaktır. Bu sebeple yatırım yapmadan önce ekonomik analiz yapılmalıdır. Ekonomik analizde başlangıçta yatırımda ekonomik ömür ile bütün parametreler göz önüne alınır.

Ekonomik analiz parametreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Toplam yatırım tutarları,
2. Faiz oranı,
3. Devrelik gelir ve giderler,
4. Ekonomik ömür,
5. Hurda bedeli.

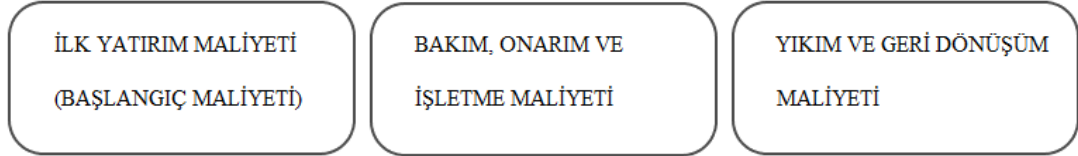
Yatırımların belirlenmesi ve değerlendirilmesinde farklı ekonomik analiz yöntemleri vardır. Optimum yalıtım kalınlığı belirlenmesinde ekonomik analiz yöntemlerinden yaşam döngüsü maliyet analizi seçilmiştir.

2.12.1 Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi

Yaşam döngüsü maliyeti, bir projenin ekonomik değerini hesaplamak için kullanılan yöntemdir. Projenin kullanım ömrü içerisinde meydana gelebilecek tüm maliyetlerin toplamıdır (Korpi & Ala-Risku, 2008).

Yaşam döngüsü maliyet analizi kullanım süresi boyunca hesaplanan maliyetler haricinde ilgili maliyetlerin en aza indirilmesini gerektiren bir analizdir. Projenin, toplam maliyetini tahmin etmede kullanılan yaşam döngüsü maliyet analizi, projenin ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri, bakım-onarım maliyeti ve geri dönüşüm maliyetlerini içermektedir. Yani projenin başlangıcından itibaren kullanım süresinin sona ermesine kadar uzun bir periyodu kapsar. Ayrıca yapılan yatırımın periyodik bakım masrafları da hesaplanır. Örneğin; ısıtma, soğutma, aydınlatma, elektrik gibi enerji harcanan maliyetlerdir.

Yıkım ve geri dönüşüm aşaması kullanım ömrü biten bir ürünün yıkılması ve eğer geri dönüşüme uygun bir malzeme ise geri dönüştürülmesi aşamasıdır. Yaşam döngüsü maliyet analizinin son aşaması olan bu kısım genellikle dikkate alınmamaktadır. Yaşam döngüsü maliyet analizi aşamaları ile ilgili şema Şekil 25'te yer almaktadır.



Şekil 25. Yaşam döngüsü maliyet analizi aşamaları

Yaşam döngüsü maliyet analizi, yatırımın toplam maliyetlerine önceden kapsamlı bir şekilde yorum yapabilmek için oldukça önemlidir.

Beşikten mezara kadar olarak adlandırılan bu sürecin her aşamasında meydana gelecek olan çevresel etkilerinin belirlenmesi, incelenmesine, raporlanmasına, hesaplanmasına ve yönetilmesine katkısı oldukça önemli olan bir yöntemdir. İlgili çevresel faktörler olarak sera etkisi (ozan tabakasının incelenmesi), ötrifikasyon (fosfat kirlenmesi), iklim değişikliği, asidifikasyon (asitleşme) gibi sebepler gösterilebilir.

Son zamanlarda yukarıda belirtilen çevre sorunlarına karşı duyarlılığın artması ile proje geliştirme ve hayata geçirme süreçlerinde verilen tüm kararların çevresel boyutu da önemle üzerinde durulmaktadır. Artan çevre duyarlılığına paralel doğrultuda teknolojik ve yaşam standartlarındaki gelişmeler sonucunda her tür projenin topluma maliyeti, performansı gibi geleneksel etkiler ve doğal kaynakların kullanımı ile meydana gelebilecek olası küresel çevre sorunları gibi etkiler de karar verme süreçlerinde göz önüne alındığı bilinmektedir.

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) 90'lı yılların başından bu yana karmaşık karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık başvurulan ve sürekli geliştirilen bir yöntemdir (Guinée, ve diğerleri, 2011).

1. İlk yatırım maliyeti: Yaşam döngüsünün ilk aşaması olan ve yatırım için gerekli ham madde ile enerjinin temini ile başlamaktadır. Bu aşamada yatırım için gerekli olan malzemenin temini ile birlikte maliyet araştırması yapılarak yatırımın maliyeti hakkında fikir sahibi olunur. Yatırım malzemesinin temin edildiği bölgeden uygulanması gereken bölgeye sevkiyatı bu basamağa dâhil edilebilir veya ayrı bir yaşam döngüsü olarak da gösterilebilir.

2. Bakım, onarım ve işletme maliyeti: Yaşam döngüsünün ikinci basamağı olan malzemenin tüketiciye ulaşması ile birlikte, kullanımlarına dair tüm maliyetler bu basamağı kapsamakta olup ayrıca gerekli olan enerji gereksinimi ve meydana gelen çevre için zararlı olan tüm etkiler yer almaktadır. Ürünün faydalı kullanılabilir ömrünün devam edebilmesi için bakım yapılması ve hasar durumunda onarım yapılması da gerekmektedir.

3. Yıkım ve geri dönüşüm maliyeti: Yaşam döngüsünün üçüncü basamağı olan ürün veya malzemenin kullanımı sona erdikten sonra ki aşamayı kapsamaktadır. Malzeme geri dönüştürülebilir bir malzeme olmadığı veya yıkımı söz konusu olmadığı zaman bu basamak göz ardı edilebilmektedir. Ayrıca yıkım ve geri dönüşüm basamağında çevreye zararlı olan emisyonlarda oluşabilmektedir.

Yaşam döngüsü maliyet analizinin başlıca kullanım alanları: Belirli bir ürünün bazı problemlerinin analiz edilmesi, ürün geliştirilmesi için parametrelerin ortaya koyulması, yeni bir ürünün tasarımını yapmak, bir uygulamada kullanılmak amacıyla aynı amaçla kullanılan malzemeler arasında seçim yapabilmektir. Analizin kullanıcıları ile yapılan bir anketin sonuçlarında; kullanım amaçları arasında iş geliştirme yöntemi (% 18), araştırma ve geliştirme (% 18), ürün ya da süreç dizaynı (% 15) ve ürün deklare etmek (% 11) şeklindedir (Cooper & Fava, 2008).

Hesaplamalar ile ilgili parametreler aşağıdaki gibidir.

Yıllık işletme giderleri (\$) : 0, (Kullanım ömrü boyunca herhangi bakım yapılması ve hasar durumunda onarım gerekmemektedir.)

Ekonomik ömür (N) (Yıl) : 10, (Faydalı kullanım ömrüdür.)

Hurda değeri (\$) : 0, (Yatırımın geri dönüşümü olmadığı için hurda değeri yoktur.)

Faiz oranı (i) (%) : 15

Verim (%) : 95

Yıllık yakıt tüketim maliyeti (\$/Yıl) : Dış duvarda veya çatıda harcanan ısı kaybına karşılık gelen yıllık yakıt tüketim maliyetidir.

$$M_{dd,\zeta} = V_{dd,\zeta} \cdot F_{Yakit}$$

(2.13)

Yıllık tasarruf maliyeti (\$/Yıl) : Birim yıl için yatırımdan sağlanan enerji tasarrufu miktarıdır.

$$M_{Tasarruf} = (M_{dd,\zeta})_{Yalıtımsız} - (M_{dd,\zeta})_{Yalıtımlı}$$

(2.14)

Yalıtım maliyeti (\$) : Uygulanan yalıtım için uygulanacak alana göre ve yalıtım fiyatına göre toplam yalıtım maliyetidir. Denklemden yer alan; $F_{Yalıtım}$ yalıtım malzemesinin birim fiyatı ve $A_{dd,\zeta}$ dış duvar ya da çatının yalıtım uygulandığı toplam alandır.

$$M_{Yalıtım} = A_{dd,ç} \cdot F_{Yalıtım}$$

(2.15)

Yıllık yakıt tüketimi $\left(\frac{m^3}{Yıl}\right)$: Belli bir hacim için, dış duvar ve çatıda harcanan ısı kaybına karşılık yakıtın yıllık harcama miktarıdır.

$$V_{dd,ç} = \frac{V_{Yakıt} \cdot \theta_{dd,ç}}{\theta_{Yakıt} \cdot \eta_S}$$

(2.16)

Tüm yakıt tüketimi $\left(\frac{m^3}{Yıl}\right)$: Yakıt enerjisinin kullanılacak olan yakıt türünün ısıl değerine oranı ile hesaplanır.

$$V_{Yakıt} = \frac{\theta_{Yakıt}}{H_u}$$

(2.17)

Basit (Faizsiz) aylık ve yıllık geri ödeme süresi (ay, yıl) : Faiz oranı hesaba katılmadan yalıtım yatırımının ne kadar sürede kazanç sağlayacağını gösterir. Ay bazlı ve yıl bazlı geri ödeme süreli hesaplanabilir.

$$GÖS_{Faizsiz} (ay) = \frac{ilk\ Yatırım\ Maliyeti}{Aylık\ Kâr}, \quad GÖS_{Faizsiz} (yıl) = \frac{ilk\ Yatırım\ Maliyeti}{Yıllık\ Kâr}$$

(2.18)

Maliyet analizi yöntemlerinden yaşam döngüsü maliyet analizine göre hesaplamalar yapılmıştır. Hesaplamalar için kullanılan formüller aşağıdaki gibidir.

İlk olarak P_1 ve P_2 sabitleri hesaplanır.

$$i = d \text{ ise, } P_1 = \frac{N}{(1+i)} \quad i \neq d \text{ ise, } P_1 = \frac{1}{(d-i)} \cdot \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right]$$

(2.19)

İşletme ve bakım maliyeti olmadığı için;

$$P_2 = 1$$

(2.20)

Yıllık yalıtım maliyeti $\left(\frac{\$}{\text{m}^2 \cdot \text{Yıl}} \right)$: Isı yalıtımının faiz oranına ve faydalı kullanım ömrüne göre hesaplanan yıllık yalıtım maliyetidir.

$$M_{Yalıtım} = M_{Yalıtım} \cdot (1+i)^N$$

(2.21)

Yıllık yakıt maliyeti $\left(\frac{M_{dd}}{\text{m}^2 \cdot \text{Yıl}} \right)$: Isınma ihtiyacını karşılayan yakıtın yaşam döngüsü maliyet analizi parametresine göre yıllık yakıt maliyetidir.

$$M_{Yakıt} = P_1 \cdot (M_{dd,ç})$$

(2.22)

Net enerji tasarrufu $\left(\frac{\$}{\text{m}^2 \cdot \text{Yıl}} \right)$: Uygulanan yatırımdan elde edilen yıllık net enerji tasarrufu miktarıdır.

$$NET = P_1 \cdot M_{Tasarruf} - P_2 \cdot M_{Yalıtım}$$

(2.23)

Yıllık toplam maliyet $\left(\frac{\$}{\text{m}^2 \cdot \text{Yıl}}\right)$: Yıllık toplam maliyetin (yakıt ve yalıtım) yıllık faydalı ömre göre hesaplanmasıdır.

$$M_{\text{Toplam}} = P_1 \cdot M_{\text{Yakıt}} + P_2 \cdot M_{\text{Yalıtım}}$$

(2.24)

Geri ödeme süresi (Yıl) : Uygulanan yatırıma harcanan toplam maliyetin ne kadar zamanda geri ödenebileceğini gösteren süredir.

$$GÖS = \frac{M_{\text{Yalıtım}}}{NET}$$

(2.25)

(Ertürk, Keçebaş, Daşdemir, & Kurt, 2016).

2.13 Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi:

Optimum yalıtım kalınlığına etki eden faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

1. Ortalama dış sıcaklık değeri
2. İklim şartları
3. Isıtma periyod dönemi
4. Çalışma süresi
5. Isıtma sisteminin verimliliği
6. Kullanılan yalıtım malzemesinin özellikleri (iletim katsayısı, maliyeti ve malzeme ömrü)

Aşağıda yer alan eşitlikte X değeri, toplam kazancı en büyük değer yapan yalıtım malzemesinin optimum yalıtım kalınlığını verir.

$$X_{Opt} = \sqrt{\frac{86400 \cdot P_1 \cdot k \cdot DG \cdot C_f}{P_2 \cdot C_i \cdot H_u \cdot \eta}} - k \cdot R_{wt}$$

(2.26)

Geri ödeme süresi (PP), yöntemi yardımıyla belirlenir. Bu yöntem kullanılarak yalıtımın ne kadar sürede ilk yatırım maliyetini karşılanacağı hesaplanır.

$$PP = \frac{P_2 \cdot C_i \cdot H_u \cdot \eta \cdot (R_{wt} \cdot x + R_{wt}^2 \cdot k) \cdot (1 + i)}{C_f \cdot 86400 \cdot DG}$$

(2.27)

(Ertürk, Keçebaş, Daşdemir, & Kurt, 2016).

3. BULGULAR

TS 825 Binalarda ısı yalıtım kurallarına göre bir binanın derece gün yöntemi ile ısıtma veya soğutma enerji ihtiyacını ölçmek mümkündür. Farklı iklim koşulları ısıtma ve soğutma enerjisine büyük ölçüde etkisi vardır. Tüm dünya çapında özellikle ısıtma ve ısı yalıtımı uygulamalarında kullanılması amacıyla, derece-gün sayılarından yararlanılarak coğrafik bölgelerden farklı olarak derece-gün bölgeleri tespit edilmektedir. Bir binanın iç ortam sıcaklığı ve binanın bulunduğu bölgenin dış hava sıcaklığı arasındaki fark ile doğru orantılıdır.

Derece - Gün bölgelerine göre şehirler seçilmiş olup, farklı Derece-Gün bölgelerine göre seçilen şehirlerin 2019 meteoroloji ısıtma ve soğutma gün dereceleri yıllık verileri Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Şehirlere ait derece gün ve ısıtma soğutma verileri

Derece Gün	Merkez	Yıllık (2019)
		HDD
1. Bölge	Antalya	788
2. Bölge	Kocaeli	1310
3. Bölge	Konya	2415
4. Bölge	Kars	4253

Sağlık hizmeti binası projesi dört farklı şehirde ele alınarak; dış duvar ve çatı yalıtımı uygulanması yapılmıştır. Dış duvar için XPS (ekstrüde polistren), cam yünü, taş yünü ve EPS (expande polistren) malzemeleri kullanılmıştır. Yalıtım kalınlıkları 3 cm, 5 cm, 7 cm ve 9 cm olarak hesaplanmıştır. Çatı yalıtımı için cam yünü malzemesi kullanılmıştır. Yalıtım kalınlıkları ise 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm ve 14 cm olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Ayrıca optimum yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir.

Standartlara göre; ısı iletkenlik değeri 0,065 W/m.K altında olan malzemelere ısı yalıtım malzemesi denir. Uygulanan yalıtım malzemelerine ait ısı iletkenlik değerleri ve birim fiyatları, Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7. Isı yalıtım malzemelerine ait veriler

Malzeme	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (W/m.K)	Fiyat (\$/m ³)
XPS	0,032	180
Cam Yünü	0,04	75
Taş Yünü	0,035	95
EPS	0,039	120

Isıtma ihtiyacı dört farklı iklim bölgesi için de doğal gaz ile sağlanmaktadır. Kullanılan yakıt ile ilgili bilgiler, Tablo 8’de yer almaktadır.

Tablo 8. Yakıtı ait veriler

Yakıt Türü	Alt/Üst Isıl Değeri	Birim Fiyatı	Yakıt Verimi
Doğal Gaz	8250	1,95	0,93

Hesaplamalarda kullanılacak diğer finansal verileri, Tablo 9’da yer almaktadır.

Tablo 9. Finans verileri

Faiz Oranı	0,1
Enflasyon Oranı	0,1
Ömür	10
Yıllık İşletme Gideri	0

TS825 standardına göre, iletim yoluyla ısı kaybını ve ısı enerjisi ihtiyacını belirlemede önemli bir parametre de illerin dış sıcaklık değerleridir. Kars, Konya, Kocaeli ve Antalya şehirlerinin meteoroloji verilerine göre ortalama dış sıcaklık değerleri, Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 10. Şehirlerin aylara göre ortalama dış sıcaklık değerleri

KARS		KONYA		ANTALYA		KOCAELİ	
Aylar	Ortalama Sıcaklık, Td (°C)	Aylar	Ortalama Sıcaklık, Td (°C)	Aylar	Ortalama Sıcaklık, Td (°C)	Aylar	Ortalama Sıcaklık, Td (°C)
Ocak	-10,3	Ocak	-0,2	Ocak	10	Ocak	6,2
Şubat	-8,6	Şubat	1,4	Şubat	10,7	Şubat	6,9
Mart	-2	Mart	5,6	Mart	12,9	Mart	8,8
Nisan	5,5	Nisan	11,1	Nisan	16,4	Nisan	13,2
Mayıs	10,3	Mayıs	15,8	Mayıs	20,6	Mayıs	17,7
Haziran	14	Haziran	20,1	Haziran	25,3	Haziran	21,9
Temmuz	17,6	Temmuz	23,5	Temmuz	28,4	Temmuz	23,9
Ağustos	17,7	Ağustos	23,2	Ağustos	28,4	Ağustos	23,8
Eylül	13,5	Eylül	18,5	Eylül	25,2	Eylül	20,4
Ekim	7,3	Ekim	12,5	Ekim	20,5	Ekim	16,1
Kasım	0,4	Kasım	6,3	Kasım	15,4	Kasım	12
Aralık	-6,5	Aralık	1,7	Aralık	11,6	Aralık	8,3

3.1 Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplanması:

Bina yapı elemanlarının yüzey çarpım değerleri ve ısı kaybı gerçekleşen yüzeylerin alanları Tablo 11’de yer almaktadır.

Tablo 11. Binanın yapı elemanlarına ait veriler

Binadaki Yapı Elemanları	Yüzey Çarpım Katsayısı	Isı Kayıp Yüzeyi A (m ²)
DUVAR 1.1: Dış Havaya Açık	1	641
DUVAR 1.2: Dış Havaya Açık	1	285
DUVAR 1.1: Toprağa Temas	0,5	489
TAVAN 1.1: Çatılı	0,8	681
TABAN 1.1: Toprak Temaslı	0,5	489
TABAN 1.1: Isıtılmayan İç	0,5	24
Dış Pencere 1	1	169
Dış Kapı 1	1	5

Her bir yapı elemanının ısı geçirgenlik katsayısı (U), ısı kaybedilen yüzey (A) ve yüzey çarpım katsayısına göre ısı kaybı ($A \times U$) hesaplanmıştır.

Her şehir için dış duvar ile çatı bölümü için yalıtımsız ve farklı yalıtım malzemelerine göre hesaplanmış olup aşağıda örnek olarak Kars iline ait binanın özgül ısı kaybı çizelgesi yer almaktadır. Dış duvar ile çatı yüzeyi için yalıtımsız ve 5 cm kalınlığında dış duvar 8 cm kalınlığında çatıya cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılarak hesap çizelgesi gösterilmiştir.



1. Binanın dış duvar yüzeyine göre özgül ısı kaybı çizelgesi:

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi (Yalıtımsız)						
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı (d)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ)	Isıl İletkenlik Direnci (R)	Geçirgenlik Katsayısı (U)	Isı Kaybı (AxU)
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ altında harç kullanılarak veya özel yapıştırıcı ile yerleştirilmiştir.	0,2	0,11	1,82		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
	TOPLAM				2,02	0,49
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.2	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
	TOPLAM				0,32	3,10
DUVAR: Toprağa Temas DUVAR1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan	0,1	0,33	0,30		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,2	0,7	0,29		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
	TOPLAM		0,5 x A x U		0,91	1,10
TAVAN: Çatılı TAVAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,08	0,04	2,00		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08		
	TOPLAM		0,8 x A x U		2,322	0,43
TABAN: Toprak Temaslı TABAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,04		
	10.3.2.1.1. Ekstrüde polistren köpüğü - TS	0,03	0,03	1,00		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,3	0,7	0,43		
	5.1.1 Donatılı	0,7	2,5	0,28		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	2.2 Kil, alüvyon	0,2	1,5	0,13		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		2,29	0,44	106,58
TABAN: İstilmeyen (iç) TABAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (iç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17		
TOPLAM		0,5 x A x U		0,45	2,23	26,74
Dış Pencere 1					2,3	388,7
Dış Kapı 1					4	20
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =					2.244,58	

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi (Cam yünü)						
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı (d)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ)	Isıl İletkenlik Direnci (R)	Geçirgenlik Katsayısı (U)	Isı Kaybı (AxU)
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ altında harç kullanılarak veya özel yapıştırıcı ile yerleştirilmiştir.	0,2	0,11	1,82		
	10.3.2.1.1 Cam yünü	0,05	0,04	1,25		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				3,27	0,31	195,96
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.2	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	10.3.2.1.1 Cam yünü	0,05	0,04	1,25		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				1,57	0,64	181,19
DUVAR: Tüpeğe Temas DUVAR1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	10.3.2.1.1 Cam yünü	0,05	0,04	1,25		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvar	0,1	0,33	0,30		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,2	0,7	0,29		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		2,16	0,46	113,10
TAVAN: Çatılı TAVAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	10.5.2 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım	0,08	0,04	2,00		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08		
TOPLAM		0,8 x A x U		2,32	0,43	234,67
TABAN: Toprak Temaslı TABAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,04		
	10.3.2.1.1. Ekstrüde polistren köpüğü (XPS)	0,03	0,03	1,00		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,3	0,7	0,43		
	5.1.1 Donatılı	0,7	2,5	0,28		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	2.2 Kil, alüvyon	0,2	1,5	0,13		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		2,29	0,44	106,58
TABAN: İstisnaysız (İç) TABAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17		
TOPLAM		0,5 x A x U		0,45	2,23	26,74
Dış Pencere 1					2,3	388,7
Dış Kapı 1					4	20
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı						1.266,94

2. Binanın çatı yüzeyine göre özgül ısı kaybı çizelgesi:

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi (Yalıtımsız)						
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı (d)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ)	Isıl İletkenlik Direnci (R)	Geçirgenlik Katsayısı (U)	Isı Kaybı (AxU)
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ altında harç kullanılarak veya özel yapıstırıcı ile yerleştirilmiştir.	0,2	0,11	1,82		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,05	0,03	1,67		
	1.1 Kristal yapıllı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/αd Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				3,69	0,27	173,82
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.2	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,05	0,03	1,67		
	1.1 Kristal yapıllı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/αd Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				1,99	0,50	143,25
DUVAR: Toprağa Temas DUVAR1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,03	0,03	1,00		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvar	0,1	0,33	0,30		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,2	0,7	0,29		
	1/αd Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		1,91	0,52	127,89
TAVAN: Çatılı TAVAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	1/αd Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08		
TOPLAM		0,8 x A x U		0,322	3,11	1694,14
TABAN: Toprak Temaslı TABAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapıllı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,04		
	10.3.2.1.1. Ekstrüde polistren köpüğü (XPS)	0,03	0,03	1,00		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,3	0,7	0,43		
	5.1.1 Donatılı	0,7	2,5	0,28		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	2.2 Kil, alüvyon	0,2	1,5	0,13		
	1/αd Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		2,29	0,44	106,58
TABAN: Isıtılmayan (İç) TABAN1.1	1/αi Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapıllı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
TOPLAM		0,5 x A x U		0,45	2,23	26,74
Dış Pencere 1					2,3	388,7
Dış Kapı 1					4	20
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı					2.681,12	

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi (Cam yünü)						
Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı (d)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri (λ)	Isıl İletkenlik Direnci (R)	Geçirgenlik Katsayısı (U)	Isı Kaybı (AxU)
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	7.3.2.1 TS EN 998-2 ye uygun ve yoğunluğu 1000 kg/m ³ altında harç kullanılarak veya özel yapıştırıcı ile yerleştirilmiştir.	0,2	0,11	1,82		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,05	0,03	1,67		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				3,69	0,27	173,82
DUVAR: Dış Havaya Açık DUVAR1.2	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.3 Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,7	0,03		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,05	0,03	1,67		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04		
TOPLAM				1,99	0,50	143,25
DUVAR: Tıraşlı Temas DUVAR1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,12		
	4.6 Çimento harçlı şap	0,03	1,4	0,02		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	10.3.2.1.1 Ekstrüde polistren köpüğü	0,03	0,03	1,00		
	7.1.5.1 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvar	0,1	0,33	0,30		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,2	0,7	0,29		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		1,91	0,52	127,89
TAVAN: Çatılı TAVAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,13		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	Cam yünü	0,08	0,04	2,00		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,08		
TOPLAM		0,8 x A x U		2,32	0,43	234,67
TABAN: Toprak Temaslı TABAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,1	2,5	0,04		
	10.3.2.1.1. Ekstrüde polistren köpüğü (XPS)	0,03	0,03	1,00		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	3.1 Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,3	0,7	0,43		
	5.1.1 Donatılı	0,7	2,5	0,28		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	9.2.2.1.5 Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,006	0,19	0,03		
	5.1.2 Donatısız	0,1	1,65	0,06		
	2.2 Kil, alüvyon	0,2	1,5	0,13		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0		
TOPLAM		0,5 x A x U		2,29	0,44	106,58
TABAN: İstisnaysız (İç) TABAN1.1	1/ai Yüzeysel Isıl İletim Katsayısı (İç)			0,17		
	1.1 Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taş	0,01	2,3	0,00		
	4.2 Çimento harcı	0,01	1,6	0,01		
	5.1.2 Donatısız	0,03	1,65	0,02		
	5.1.1 Donatılı	0,15	2,5	0,06		
	4.1 Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	1	0,02		
	1/ad Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17		
TOPLAM		0,5 x A x U		0,45	2,23	26,74
Dış Pencere 1					2,3	388,7
Dış Kapı 1					4	20
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı						1.221,64

Dış duvar ve çatıda, yalıtım malzemesi kullanılmadan iletim yoluyla gerçekleşen toplam ısı kaybı değeri ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybına göre toplam özgül ısı kaybı hesaplanmıştır.

Aşağıda yer alan örnekte, dış duvar ile çatı yüzeyine göre yalıtımsız ve dış duvar için taş yünü malzemesi kalınlıklarına göre çatı için cam yünü malzemesi kalınlıklarına göre ısı yalıtım malzemesinin hesaplanan verileri yer almaktadır.

Dış duvar,

Tablo 12. Dış duvar yüzeyinde yalıtımsız gerçekleşen ısı kayıpları

Malzeme	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Özgül Isı Kaybı (W/K)
Yalıtımsız	2244,58	2929,56	5174,13

Tablo 13. Dış duvar yüzeyinde taş yünü malzemesi ile gerçekleşen ısı kayıpları

Malzeme	Kalınlık (cm)	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Özgül Isı Kaybı (W/K)
Taş Yünü	3	1379,13	2929,56	4308,68
Taş Yünü	5	1229,69	2929,56	4159,25
Taş Yünü	7	1142,76	2929,56	4072,31
Taş Yünü	9	1084,92	2929,56	4014,48

Çatı,

Tablo 14. Çatı yüzeyinde yalıtımsız gerçekleşen ısı kayıpları

Malzeme	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Özgül Isı Kaybı (W/K)
Yalıtımsız	2681,12	2929,56	5610,67

Tablo 15. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesi ile gerçekleşen ısı kayıpları

Malzeme	Kalınlık (cm)	İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı (W/K)	Özgül Isı Kaybı (W/K)
Cam Yünü	6	1286,06	2929,56	4215,61
Cam Yünü	8	1221,64	2929,56	4151,2
Cam Yünü	10	1180,06	2929,56	4109,61
Cam Yünü	12	1150,99	2929,56	4080,55
Cam Yünü	14	1129,53	2929,56	4059,09

3.2 İllere Göre Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesabı:

Isıtma sisteminden ısıtılan ortama yıllık verilmesi gereken ısı enerjisi miktarıdır. Çalışmamda, 4 farklı şehre göre yalıtımsız ve farklı yalıtım malzemesi ile kalınlıkları baz alınarak hesaplanmıştır. Binaların özgül ısı kaybı çizelgesine göre hesapladığımız değerlerden yararlanılmıştır. Meteorolojiden alınan aylara göre ortalama dış sıcaklık (Td) değerlerine göre sıcaklık farkı belirlenmiştir. Ayrıca ısı kayıpları ve kazançları hesaplanarak toplam ısıtma enerjisi ihtiyacına ulaşılmıştır.

Aşağıda örnek olarak, Antalya ilinin dış duvar yüzeyine göre yalıtımsız ve XPS (3 cm) malzemesine göre ve çatı yüzeyinin yalıtımsız ve cam yünü (14 cm) malzemesine göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesap çizelgeleri yer almaktadır.

Dış duvar:

Tablo 16. Dış duvar yüzeyinde yalıtımsız yıllık ısıtma enerjisi

ANTALYA	Yalıtımsız Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
	Aylar	Isı Kaybı				Isı Kazançları		KKO	Kazanç Kullanım Faktörü (μ)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kJ)
		Özgül Isı Kaybı (W/K)	Dış Sıcaklık ,Td (°C)	Sıcaklık Farkı (K, C)	Isı Kayıpları (W)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Enerjisi Kazancı (W)			
Ocak	5174,13	10,00	9,00	46.567	44.387	3.177	1,02	0,62	43735813,02	
Şubat		10,7	8,30	42.945		4.186	1,13	0,59	37423693,97	
Mart		12,9	6,10	31.562		5.459	1,58	0,47	21204740,03	
Nisan		16,4	2,60	13.453		6.448	3,78	0,00	0,00	
Mayıs		20,6	-1,60	0		7.783	0,00	0,00	0,00	
Haziran		25,3	-6,30	0		8.239	0,00	0,00	0,00	
Temmuz		28,4	-9,40	0		8.006	0,00	0,00	0,00	
Ağustos		28,4	-9,40	0		7.296	0,00	0,00	0,00	
Eylül		25,2	-6,20	0		5.799	0,00	0,00	0,00	
Ekim		20,5	-1,50	0		4.343	0,00	0,00	0,00	
Kasım		15,4	3,60	18.627		3.091	2,55	0,00	0,00	
Aralık		11,6	7,40	38.289		2.741	1,23	0,56	31302419,74	
									Qyıl-kj	133666666,8
									Qyıl-kWh	37159,33

Tablo 17. Dış duvar yüzeyinde XPS malzemesinin yıllık ısıtma enerjisi

ANTALYA	XPS (3 cm) Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi									
	Aylar	Isı Kaybı				Isı Kazançları		KKO	Kazanç Kullanım Faktörü (μ)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kJ)
		Özgül Isı Kaybı (W/K)	Dış Sıcaklık, Td (°C)	Sıcaklık Farkı (K, C)	Isı Kayıpları (W)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Enerjisi Kazancı (W)			
Ocak	4281,22	10,00	9,00	38.531	44.387	3.177	1,23	0,56	31431072,39	
Şubat		10,7	8,30	35.534		4.186	1,37	0,52	26786199,16	
Mart		12,9	6,10	26.115		5.459	1,91	0,41	15006443,41	
Nisan		16,4	2,60	11.131		6.448	4,57	0,00	0,00	
Mayıs		20,6	-1,60	0		7.783	0,00	0,00	0,00	
Haziran		25,3	-6,30	0		8.239	0,00	0,00	0,00	
Temmuz		28,4	-9,40	0		8.006	0,00	0,00	0,00	
Ağustos		28,4	-9,40	0		7.296	0,00	0,00	0,00	
Eylül		25,2	-6,20	0		5.799	0,00	0,00	0,00	
Ekim		20,5	-1,50	0		4.343	0,00	0,00	0,00	
Kasım		15,4	3,60	15.412		3.091	3,08	0,00	0,00	
Aralık		11,6	7,40	31.681		2.741	1,49	0,49	22334564,55	
									Qyıl-kj	95558279,51
									Qyıl-kWh	26565,20

Dış duvar yüzeyinde meydana gelen ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımı uygulanmadan ve XPS ısı yalıtımı malzemesi 3 cm kalınlığında uygulanarak incelenmiştir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı kış aylarında gerekliken, yaz aylarında ısıtma ihtiyacı oluşmadığından sıfır kabul edilir. Ayrıca kazanç kullanım faktörü 2,50 ve üzerinde olması durumunda ısıtma enerjisi yok sayılmaktadır. Dış duvarda ısı yalıtımı uygulanmadan ve XPS 3 cm ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak ısıtma enerjisi ihtiyacı kWh cinsinden karşılaştırıldığında yaklaşık olarak % 28,5 oranında azalma meydana gelmiştir.

Çatı:

Tablo 18. Çatı yüzeyinde yalıtımsız yıllık ısıtma enerjisi

Yalıtımsız Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi										
Aylar	Isı Kaybı				Isı Kazançları		KKO	Kazanç Kullanım Faktörü (μ)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kJ)	
	Özgül Isı Kaybı (W/K)	Dış Sıcaklık ,Td (°C)	Sıcaklık Farkı (K, C)	Isı Kayıpları (W)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Enerjisi Kazancı (W)				
ANTALYA	Ocak	5610,67	10,00	9,00	50.496	44.387	3.177	0,94	0,65	50247480,28
	Şubat		10,7	8,30	46.569		4.186	1,04	0,62	43077074,86
	Mart		12,9	6,10	34.225		5.459	1,46	0,50	24538908,03
	Nisan		16,4	2,60	14.588		6.448	3,48	0,00	0
	Mayıs		20,6	-1,60	0		7.783	0,00	0,00	0
	Haziran		25,3	-6,30	0		8.239	0,00	0,00	0
	Temmuz		28,4	-9,40	0		8.006	0,00	0,00	0
	Ağustos		28,4	-9,40	0		7.296	0,00	0,00	0
	Eylül		25,2	-6,20	0		5.799	0,00	0,00	0
	Ekim		20,5	-1,50	0		4.343	0,00	0,00	0
	Kasım		15,4	3,60	20.198		3.091	2,35	0,00	0
	Aralık		11,6	7,40	41.519		2.741	1,14	0,59	36084350,07
									Qyıl-kj	153947813,2
									Qyıl-kWh	42797,49

Tablo 19. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesinin yıllık ısıtma enerjisi

Cam yünü (14 cm) Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi										
Aylar	Isı Kaybı				Isı Kazançları		KKO	Kazanç Kullanım Faktörü (μ)	Isıtma Enerjisi İhtiyacı (kJ)	
	Özgül Isı Kaybı (W/K)	Dış Sıcaklık ,Td (°C)	Sıcaklık Farkı (K, C)	Isı Kayıpları (W)	İç Isı Kazancı (W)	Güneş Enerjisi Kazancı (W)				
ANTALYA	Ocak	4059,08	10,00	9,00	36.532	44.387	3.177	1,30	0,54	28603164,39
	Şubat		10,7	8,30	33.690		4.186	1,44	0,50	24350766,49
	Mart		12,9	6,10	24.760		5.459	2,01	0,39	13602527,53
	Nisan		16,4	2,60	10.554		6.448	4,82	0,00	0
	Mayıs		20,6	-1,60	0		7.783	0,00	0,00	0
	Haziran		25,3	-6,30	0		8.239	0,00	0,00	0
	Temmuz		28,4	-9,40	0		8.006	0,00	0,00	0
	Ağustos		28,4	-9,40	0		7.296	0,00	0,00	0
	Eylül		25,2	-6,20	0		5.799	0,00	0,00	0
	Ekim		20,5	-1,50	0		4.343	0,00	0,00	0
	Kasım		15,4	3,60	14.613		3.091	3,25	0,00	0
	Aralık		11,6	7,40	30.037		2.741	1,57	0,47	20287485,06
									Qyıl-kj	86843943,47
									Qyıl-kWh	24142,62

Çatı yüzeyinde meydana gelen ısıtma enerjisi ihtiyacı yalıtımı uygulanmadan ve cam yünü ısı yalıtımı malzemesi 14 cm kalınlığında uygulanarak incelenmiştir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı kış aylarında gerekliken, yaz aylarında ısıtma ihtiyacı oluşmadığından sıfır kabul edilir. Ayrıca kazanç kullanım faktörü 2,50 ve üzerinde olması durumunda ısıtma enerjisi yok sayılmaktadır. Çatıda ısı yalıtımı uygulanmadan ve cam yünü 14 cm ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak ısıtma enerjisi ihtiyacı kWh cinsinden karşılaştırıldığında yaklaşık olarak % 43,5 oranında azalma meydana gelmiştir.

Yıllık ısıtma kaybı enerjisi hesaplamalarında meydana gelen ısı kaybı miktarı yıl içerisinde aylara göre değişkenlik göstermektedir. Isıtma enerjisine kış aylarında (aralık, ocak, şubat ve mart) ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi kazancı ise yaz aylarında daha yüksek ilerlemektedir.

3.3 Yüzeylerde Meydana Gelen Isı Kayıpları:

Dış duvarda; Kars, Konya, Antalya ve Kocaeli şehirlerinde binanın yalıtımsız, yalıtımlı (XPS, cam yünü, taş yünü, EPS) ve farklı yalıtım malzemesine göre yüzeylerinde meydana gelen toplam ısı kayıplarının yüzdeler olarak hesaplanmıştır.

Aşağıda örnek olarak dış duvar için yalıtımsız ve EPS (7 cm) ısı yalıtım malzemesine göre çatı yüzeyi için yalıtımsız ve cam yünü (12 cm) ısı yalıtım malzemesine göre hesaplar verilmiştir.

Dış duvar,

Tablo 20. Dış duvar yüzeylerinde yalıtımsız ısı kaybı oranları

Yüzeylerde Meydana Gelen Toplam Isı Kaybının Yüzdeler Oranları			
Yalıtımsız Özgül Isı Kaybı	DUVAR 1.1: Dış Havaya Açık	317,15	14%
	DUVAR 1.2: Dış Havaya Açık	882,57	39%
	DUVAR 1.1: Toprağa Temas	268,16	12%
	TAVAN 1.1: Çatılı	234,67	10%
	TABAN 1.1: Toprak Temaslı	106,58	5%
	TABAN 1.1: Isıtılmayan İç	26,74	1%
	Dış Pencere 1	388,7	17%
	Dış Kapı 1	20	1%
		TOPLAM	2244,57

Dış duvar yüzeylerinde yalıtım malzemesi kullanılmadan meydana gelen toplam ısı kaybı 1467,88 W/K olup, bu değer toplam ısı kaybının % 65'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. Yalıtım malzemesi uygulanmadan en fazla ısı kaybı gerçekleşen yüzey, dış havaya açık duvardır.

Tablo 21. Dış duvar yüzeylerinde EPS malzemesinin ısı kayıp oranları

Yüzeylerde Meydana Gelen Toplam Isı Kaybının Yüzdeler Oranları			
EPS (7 cm)	DUVAR 1.1: Dış Havaya Açık	167,98	14%
	DUVAR 1.2: Dış Havaya Açık	134,57	12%
	DUVAR 1.1: Toprağa Temas	90,33	8%
	TAVAN 1.1: Çatılı	234,67	20%
	TABAN 1.1: Toprak Temaslı	106,58	9%
	TABAN 1.1: Isıtılmayan İç	26,74	2%
	Dış Pencere 1	388,7	33%
	Dış Kapı 1	20	2%
TOPLAM		1169,58	

Dış duvar yüzeylerinde EPS (7 cm) ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak meydana gelen toplam ısı kaybı 392,88 W/K olup, bu değer toplam ısı kaybının % 34'lük bir bölümünü oluşturmaktadır. EPS ısı yalıtımı malzemesi 7 cm uygulanarak, dış duvarda meydana gelen ısı kaybı yaklaşık olarak % 31 oranında azalmıştır.

Tablo 22. Çatı yüzeyinde yalıtımsız ısı kayıp oranları

Yüzeylerde Meydana Gelen Toplam Isı Kaybının Yüzdeler Oranları			
Yalıtımsız Özgül Isı Kaybı	DUVAR 1.1: Dış Havaya Açık	173,82	6%
	DUVAR 1.2: Dış Havaya Açık	143,25	5%
	DUVAR 1.1: Toprağa Temas	127,89	5%
	TAVAN 1.1: Çatılı	1694,14	63%
	TABAN 1.1: Toprak Temaslı	106,58	4%
	TABAN 1.1: Isıtılmayan İç	26,74	1%
	Dış Pencere 1	388,70	14%
	Dış Kapı 1	20,00	1%
TOPLAM		2681,12	

Çatı yüzeylerinde yalıtım malzemesi kullanılmadan meydana gelen toplam ısı kaybı 1694,14 W/K olup bu değer toplam ısı kaybının % 63'lük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu durum tavan yüzeyinde çatı yalıtımının uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Tablo 23. Çatı yüzeyinde cam yünü malzemesinin ısı kayıp oranları

Yüzeylerde Meydana Gelen Toplam Isı Kaybının Yüzdeler Oranları			
Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri (cam yünü) (12 cm) Özgül Isı Kaybı	DUVAR 1.1: Dış Havaya Açık	173,82	15%
	DUVAR 1.2: Dış Havaya Açık	143,25	12%
	DUVAR 1.1: Toprağa Temas	127,89	11%
	TAVAN 1.1: Çatılı	164,02	14%
	TABAN 1.1: Toprak Temaslı	106,58	9%
	TABAN 1.1: Isıtılmayan İç	26,74	2%
	Dış Pencere 1	388,70	34%
	Dış Kapı 1	20,00	2%
	TOPLAM		1150,99

Çatı yüzeylerinde cam yünü ısı yalıtım malzemesi (12 cm) kullanılarak meydana gelen toplam ısı kaybı 164,02 W/K olup bu değer toplam ısı kaybının %14'lük bir bölümünü oluşturmaktadır. Cam yünü ısı yalıtım malzemesi 12 cm uygulanarak, dış duvarda meydana gelen ısı kaybı yaklaşık olarak % 49 oranında azalmıştır.

3.4 İllere Göre Isı Kaybının Yıllık Isıtma İhtiyacı Çizelgeleri:

İllere göre ayrı ayrı yalıtımsız ve farklı yalıtım malzemeleri ile kalınlıklarına göre toplam ısı kaybının dış duvar ve çatı yüzeyinin ısı kaybı oranı ile çarpılarak toplam ısı kaybının dış duvar ve çatı değeri hesaplanmıştır. Tablo 24'te Kocaeli ilinin dış duvar yüzeyi için yalıtımsız ve farklı yalıtım malzemelerine göre 9 cm' lik kalınlıklar baz alınarak toplam ısı kayıplarının dış duvarına pay edilen değerleri verilmiştir.

Tablo 24. Kocaeli ilinin dış duvar ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi

Kocaeli İli Dış Duvar Isı Kaybının Yıllık Isıtma Enerjisi				
Malzeme	Malzeme Kalınlığı (cm)	Toplam Isı Kaybı (kj)	Dış Duvarda Meydana Gelen Isı Kaybı Oran (%)	Toplam Isı Kaybının Dış Duvar Değeri (kj)
Yalıtımsız	Yok	308843563,1	65	201974226,4
XPS	9	203114949,2	27	55104257,8
Cam Yünü	9	202544064,5	30	61438622,9
Taş Yünü	9	199940093,4	28	56804648,4
EPS	9	202037383,8	30	60546904,3

Tablo 24’te yer aldığı gibi Kocaeli ili için yalıtımsız ve 9 cm kalınlığa göre farklı ısı yalıtım malzemeleri için toplam ısı kaybı en az cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanıldığı durumda meydana gelmiştir. Toplam ısı kaybının dış duvara oranına göre en az kayıp oranı XPS ısı yalıtım malzemesi kullanıldığı durumdur.

Kocaeli ilinin çatı yüzeyi için yalıtımsız ve cam yünü ısı yalıtım malzemesinin 6 cm’lik kalınlığı baz alınarak toplam ısı kayıplarının çatıya pay edilen değerleri Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 25. Kocaeli ilinin çatı ısı kaybı ve yıllık ısıtma enerjisi

Kocaeli İli Çatı Isı Kaybının Yıllık Isıtma Enerjisi				
Malzeme	Malzeme Kalınlığı (cm)	Toplam Isı Kaybı (kj)	Çatıda Meydana Gelen Isı Kaybı Oran (%)	Toplam Isı Kaybının Çatı Değeri (kj)
Yalıtımsız	Yok	353664413,6	63	223473073,7
Cam Yünü	6	217658988,4	23	50618070,36

Tabloda 25’te yer aldığı gibi Kocaeli ilinin yalıtımsız ve cam yünü ısı yalıtım malzemesinin 6 cm uygulanmasıyla, toplam ısı kaybı azalmış olup, toplam ısı kaybının dış duvara oranına göre % 40’lık bir azalma söz konusudur.

3.5 Isı Yalıtım Malzemeleri Birim Fiyatları ve Ekonomik Analizi:

Dış duvar ısı yalıtımı için cam yünü, XPS, taş yünü ve EPS kullanılmıştır. Farklı yalıtım kalınlıklarına göre değişen birim fiyatlar, Tablo 26’da yer almaktadır.

Tablo 26. Dış duvar yalıtımı için malzemelerinin kalınlıklara göre birim fiyatı

Malzeme	Kalınlık (cm)	Birim Fiyat (\$/m ²)
Cam Yünü	3	11,25
	5	18,75
	7	26,25
	9	33,75
XPS	3	27,00
	5	45,00
	7	63,00
	9	81,00
Taş Yünü	3	14,25
	5	23,75
	7	33,25
EPS	3	18,00
	5	30,00
	7	42,00
	9	54,00

Çatı yalıtımı için cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Farklı yalıtım kalınlıklarına göre değişen birim fiyatlar, Tablo 27’de yer almaktadır.

Tablo 27. Çatı yalıtımı için malzemesinin kalınlıklara göre birim fiyatı

Malzeme	Kalınlık (cm)	Birim Fiyat (\$/m ²)
Cam Yünü	6	22,5
	8	30
	10	37,5
	12	45
	14	52,5

Örnek olarak, Kars iline göre dış duvar için XPS ve çatı yüzeyi için cam yünü ısı yalıtım malzemesinin farklı kalınlıklarına göre ekonomik analiz verileri aşağıda yer alan Tablo 28’de bulunmaktadır.

Tablo 28. Kars ilinin dış duvar için XPS malzemesine göre ekonomik analizi

KARS									
Malzeme	Malzeme Kalınlığı (cm)	Q yakıt (kj)	V Yakıt Tüketimi (kj/m ³)	Yakıt Maliyeti (Mdd/m ²)	M Tasarruf (\$/m ²)	Yalıtım Maliyeti (\$)	Net Enerji Tasarruf Maliyeti (\$/m ² .yıl)	Toplam Maliyet (\$/yıl)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Yalıtımsız	0	1378896681	39985,4	36,04	0	0	0	32,76	0
XPS	3	1037896102	30097,03	17,64	18,39	38205	14,02	18,74	1,93
	5	984088172	28536,7	13,99	22,05	63675	15,54	17,22	2,9
	7	953409599	27647,08	11,71	24,32	89145	15,81	16,95	3,98
	9	933269904	27063,07	10,12	25,92	114615	15,46	17,3	5,24

Tablo 29. Kars ilinin çatı için cam yünü malzemesine göre ekonomik analizi

KARS									
Malzeme	Malzeme Kalınlığı (cm)	Q yakıt (kj)	V Yakıt Tüketimi (kj/m ³)	Yakıt Maliyeti (Mdd/m ²)	M Tasarruf (\$/m ²)	Yalıtım Maliyeti (\$)	Net Enerji Tasarruf Maliyeti (\$/m ² .yıl)	Toplam Maliyet (\$/yıl)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Yalıtımsız	0	1551943022	45003,42	81,43	0	0	0	74,02	0
Cam Yünü	6	1013657285	29394,15	19,57	61,85	15322,5	53,97	20,04	0,42
	8	989987848	28707,78	15,79	65,64	20430	56,67	17,36	0,53
	10	974774307	28266,62	13,24	68,18	25537,5	58,23	15,79	0,64
	12	964172853	27959,2	11,41	70,02	30645	59,15	14,87	0,76
	14	956362543	27732,71	10,02	71,4	35752,5	59,66	14,36	0,88

3.6 Optimum Yalıtım Kalınlıkları ve Geri Ödeme Süreleri:

Yaşam döngüsü maliyet analizine göre, dış duvar ve çatı yüzeyleri için farklı ısı yalıtım malzemelerine ve şehirlere göre optimum yalıtım kalınlığı ve geri ödeme süreleri hesaplanmış olup, aşağıda yer alan Tablo 30'da ve Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 30. Dış duvar için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süresi

Malzeme	Şehir	Optimum Yalıtım Kalınlığı (cm)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
XPS	Kars	5,72	0,48
	Konya	4,24	0,64
	Antalya	2,30	1,11
	Kocaeli	3,05	0,86
Cam Yünü	Kars	10,05	0,35
	Konya	7,48	0,46
	Antalya	4,12	0,80
	Kocaeli	5,42	0,62
Taş Yünü	Kars	8,34	0,36
	Konya	6,20	0,48
	Antalya	3,41	0,85
	Kocaeli	4,49	0,66
EPS	Kars	7,77	0,43
	Konya	5,77	0,57
	Antalya	3,41	1,00
	Kocaeli	4,16	0,78

Tablo 31. Çatı için optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süresi

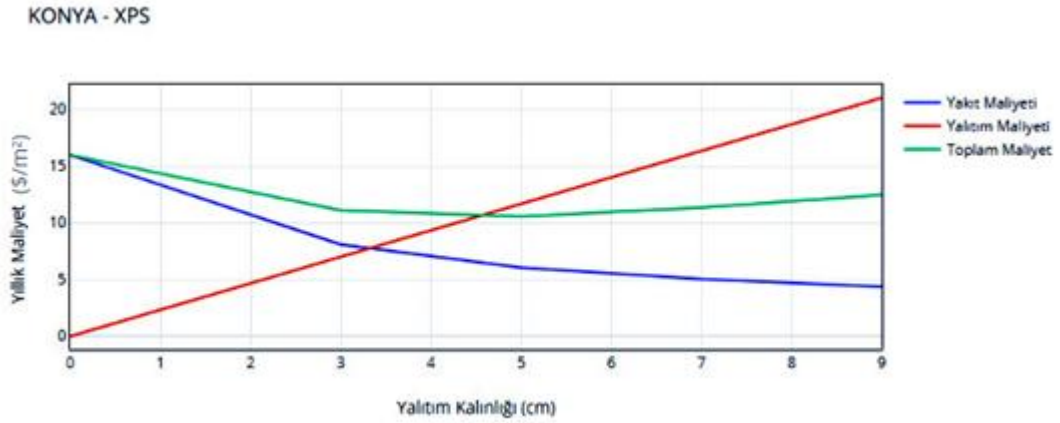
Malzeme	Şehir	Optimum Yalıtım Kalınlığı (cm)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Cam Yünü	Kars	9,95	0,44
	Konya	7,39	0,58
	Antalya	4,03	1,01
	Kocaeli	5,32	0,79

3.7 Yalıtım Kalınlıkları ve Maliyet Grafiği:

Tez araştırmasında üzerine çalışılan tek yakıt (doğal gaz) türü için 4 farklı iklim bölgesine ait 4 farklı şehrin 4 farklı yalıtım malzemesi ve kalınlıklarına göre ayrı ayrı grafikler incelenmiştir. Grafiklerde ısı yalıtımı malzemesinin; yakıt maliyeti, yalıtım maliyeti ve toplam maliyet verileri alınmıştır.

Aşağıda örnek olarak, Konya iline ait dış duvar yüzeyi ve Kocaeli eline ait çatı yüzeyi için farklı yalıtım malzemelerine göre yıllık maliyet grafikleri yer almaktadır. Yakıt maliyeti uygulanan ısı yalıtımına göre kalınlığa karşılık toplam maliyettir. Yakıt maliyeti ise doğalgaza göre hesaplanmıştır.

Toplam maliyetin minimum olduğu nokta bize optimum ısı yalıtımı kalınlığını göstermektedir. Toplam maliyet minimum noktadan yani en alt sınır değerden sonra artış göstermeye başlayacaktır. Bu durumda optimum ısı yalıtımını aşarak maliyetten zarar edilmeye başlanacaktır.



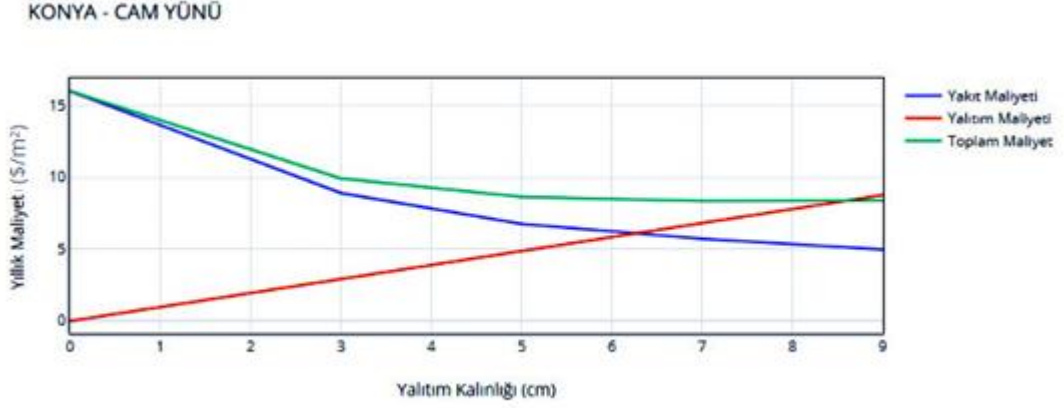
Şekil 26. Konya ilinin XPS malzemesine ait maliyet grafiği

Şekil 26'da Konya ilinin XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak oluşan maliyet değişikliğini göstermektedir.

Hesaplamalar 0 cm (yalıtımsız), 3 cm, 5 cm, 7 cm ve 9 cm kalınlığa göre incelenmiştir. Grafikten ve hesaplamalardan anlaşıldığı üzere baz alınan kalınlık hesabında 4 cm ile 5 cm arasında toplam maliyetin azaldığı sınır değerlerdir. Bu durumda optimum noktadan sonra toplam maliyet artmaya başlamıştır.

Konya ili dış duvar yüzeyi için XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanması tercih edilmesi durumunda optimum kalınlık 4 cm ile 5 cm arasında bir referans değer aralığında olmalıdır.

Tam noktaya ulaşabilmek için, yaşam döngüsü maliyeti analizine göre Konya ilinin XPS ısı yalıtımı malzemesine göre optimum ısı yalıtımı kalınlığı hesaplanmıştır. Optimum ısı yalıtımı değeri 4,24 cm olarak hesaplanmıştır.

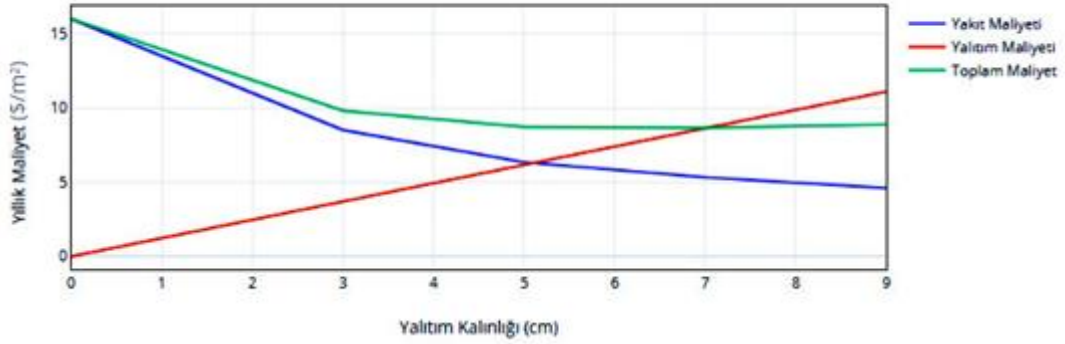


Şekil 27. Konya ilinin cam yünü malzemesine ait maliyet grafiği

Hesaplamalar 0 cm (yalıtımsız), 3 cm, 5 cm, 7 cm ve 9 cm kalınlığa göre incelenmiştir. Grafikten anlaşıldığı gibi toplam maliyet 7 cm ile 9 cm arasında toplam maliyet hemen hemen sabit gibi görünse de sayı hesaplamalar incelendiğinde toplam maliyette 7 cm kalınlıktan sonra artış gözlemlenmiştir. Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı 7 cm civarında olacaktır. Artış miktarının az olması sebebi ile çizgi grafiğinde bu fark tam olarak gözlemlenememektedir.

Yaşam döngüsü maliyet analizi hesabında ise optimum ısı yalıtım kalınlığı 7,48 cm olarak hesaplanmıştır. Yukarıda aynı il ve dış duvar yüzeyi için XPS ısı yalıtımı malzemesine göre optimum ısı yalıtım kalınlığının daha büyük olmasının sebebi cam yünü ısı yalıtımı malzemesinin ısı iletkenlik katsayısının XPS ısı yalıtımı malzemesinden büyük olmasıdır.

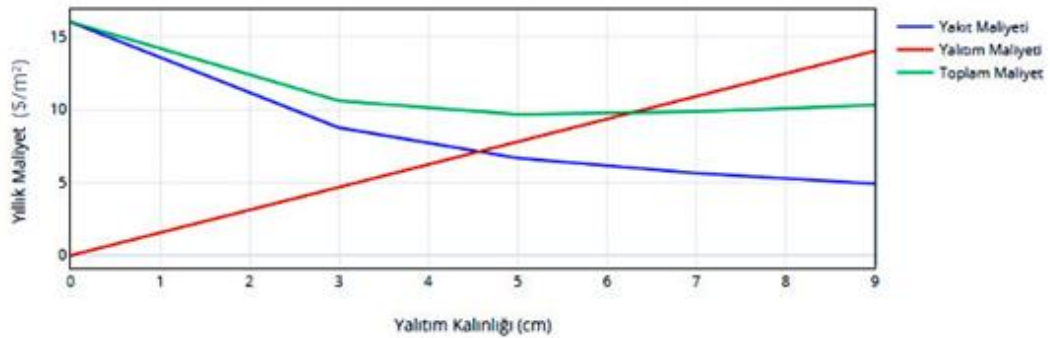
KONYA - TAŞ YÜNÜ



Şekil 28. Konya ilinin taş yünü malzemesine ait maliyet grafiği

Hesaplamalar 0 cm (yalıtımsız), 3 cm, 5 cm, 7 cm ve 9 cm kalınlığa göre incelenmiştir. Şekil 28'den ve hesaplamalardan anlaşıldığı gibi toplam maliyet 7 cm kalınlıktan sonra az da olsa bir miktar artmıştır. Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı 7 cm civarında olacaktır. Optimum kalınlığı, yaşam döngüsü maliyet analizinde hesapladığımızda Konya ili dış duvar yüzeyi için taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak tercih edilmesi gereken optimum malzeme kalınlığı 6,20 cm belirlenmiştir. Aynı il için yukarıda yapılan hesaplara göre ara değerde olmasının sebebi ısı iletim katsayısının XPS' den büyük ve cam tünü ısı yalıtımı malzemesinden küçük olmasıdır. Ayrıca ısı yalıtımı malzeme fiyatı etkileyen bir diğer parametredir.

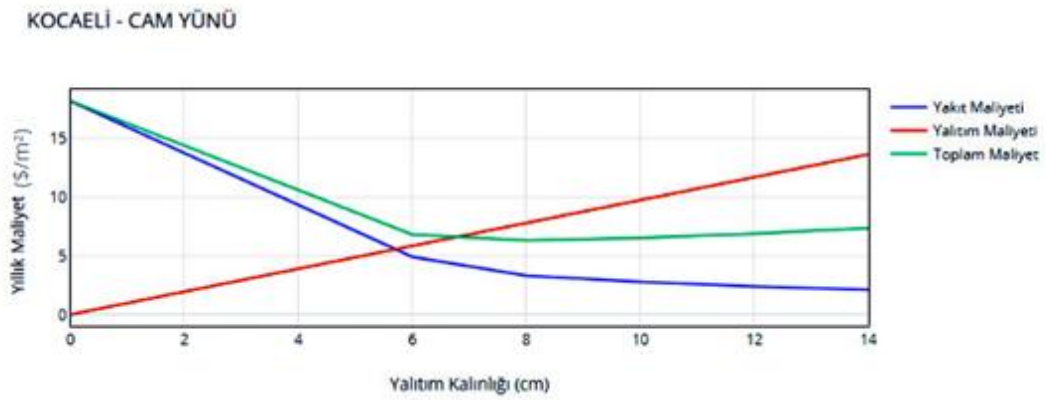
KONYA - EPS



Şekil 29. Konya ilinin EPS malzemesine ait maliyet grafiği

Hesaplamalar 0 cm (yalıtımsız), 3 cm, 5 cm, 7 cm ve 9 cm kalınlığa göre incelenmiştir. Şekil 29'dan ve hesaplamalardan anlaşıldığı gibi toplam maliyet referans değeri olan 5 cm ile 7 cm kalınlıklardan sonra artış meydana gelmiştir. Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı belirtilen referans değerleri arasında olacaktır.

Yaşam döngüsü maliyet analizi hesabına göre Konya ili dış duvar yüzeyi için EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak elde edilen optimum yalıtım kalınlığı 5,77 cm olarak belirlenmiştir.



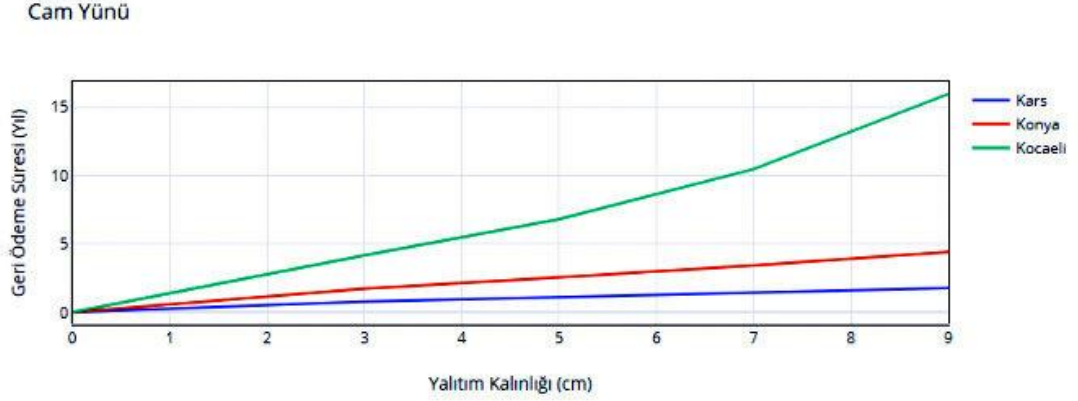
Şekil 30. Kocaeli ilinin cam yünü malzemesine ait maliyet grafiği

Hesaplamalar 0 cm (yalıtımsız), 6 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm ve 14 cm kalınlığa göre incelenmiştir. Konya ili için cam yünü çatı yüzeyi ısı yalıtımı için yıllık maliyet hesabında ve Şekil 30'da yer aldığı gibi 5 cm ile 8 cm arasında toplam maliyetin en alt sınır yani optimum nokta olduğu ve sonrasında toplam maliyetin ısı yalıtımı kalınlığına bağlı olarak artış yaşandığı görülmektedir. Bu durumda optimum yalıtım kalınlığı belirlenen bu referans değerleri arasında olacaktır.

Yaşam döngüsü maliyet analizine göre hesaplamalar yapıldığında çatı yüzeyi için Konya iline göre cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak elde edilen optimum ısı yalıtım kalınlığı 5,32 cm olarak hesaplanmıştır.

3.8 Geri Ödeme Süresi ve Yalıtım Kalınlıkları Grafiği:

Aşağıda şehirlere göre dış duvar yüzeyi için farklı yalıtım malzemelerine ve kalınlıklarına göre geri ödeme sürelerini gösteren grafik, Şekil 31’de yer almaktadır.



Şekil 31. Dış duvar yüzeyinin cam yünü malzemesine göre şehirlerin geri ödeme süresi

Cam yünü ısı yalıtım malzemesinin dış duvar yüzeyine farklı kalınlıklarda uygulanması durumunda şehirlere göre geri ödeme süresi sıralanması durumunda $Kars < Konya < Kocaeli$ elde edilir. Geri ödeme süresinde en önemli etken faktör şehirlerin iklim özellikleri yani bulunduğu derece gün bölgesidir.

Tablo 32. Dış duvarda kalınlıklara göre geri ödeme süreleri

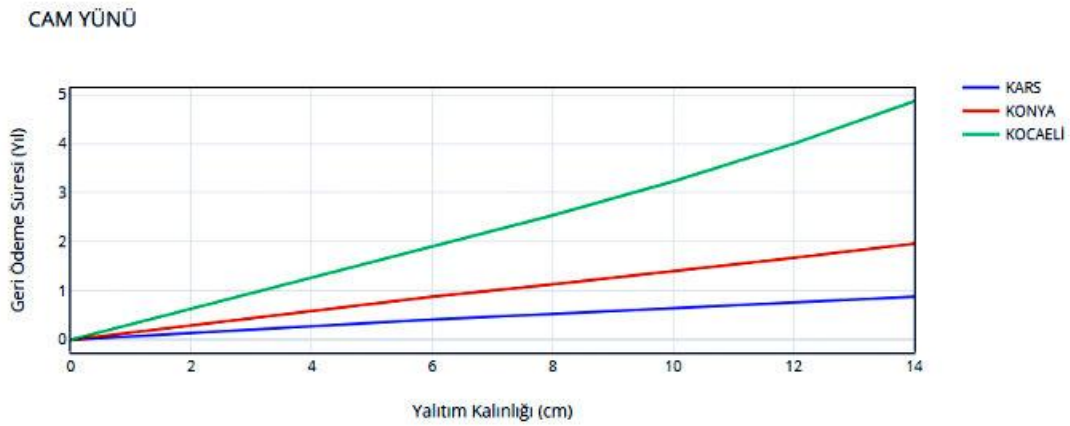
	Malzeme Kalınlığı (cm)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
KARS	3	0,8
	5	1,12
	7	1,45
	9	1,79
KONYA	3	1,74
	5	2,55
	7	3,44
	9	4,43
KOCAELİ	3	4,17
	5	6,82
	7	10,47
	9	15,96

Tablo 32’de yer aldığı gibi diğer şehirlere göre cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak en soğuk iklime sahip olan Kars ilinin geri ödeme süresi kalınlığa bağlı olarak 0,79 ile 1,78 yıl arasında değişmektedir. Malzeme kalınlığının artması ile orantılı olarak ilk yatırım maliyetinin artması sebebiyle geri ödeme süresi de artmaktadır.

Konya ilinin geri ödeme süresi 1,74 ile 4,42 yıl arasında cam yünü ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değişmektedir.

Kocaeli diğer illere göre nispeten daha sıcak iklime sahip olması nedeniyle ısı yalıtımı uygulamasının geri ödeme süresi daha büyük olacaktır. Kocaeli için 4,17 ile 15,96 yıl arasında cam yünü ısı yalıtım malzemesinin kalınlığına bağlı olarak değişmektedir.

Aşağıda şehirlere göre çatı yüzeyi için cam yünü ısı yalıtım malzemesinin farklı kalınlıklarına göre geri ödeme sürelerini gösteren grafik, Şekil 32’de yer almaktadır.



Şekil 32. Çatı yüzeyinin cam yünü malzemesine göre şehirlerin geri ödeme süresi

Cam yünü ısı yalıtım malzemesinin çatı yüzeyine farklı kalınlıklarda uygulanması durumunda şehirlere göre geri ödeme süresi sıralanması durumunda $Kars < Konya < Kocaeli$ elde edilir.

Çatı yüzeylerinde uygulanan ısı yalıtımı da dış duvar gibi düşünülebilir. Uygulama yapılan ilin iklim özellikleri ve yalıtım maliyeti geri ödeme süresini etkilemektedir.

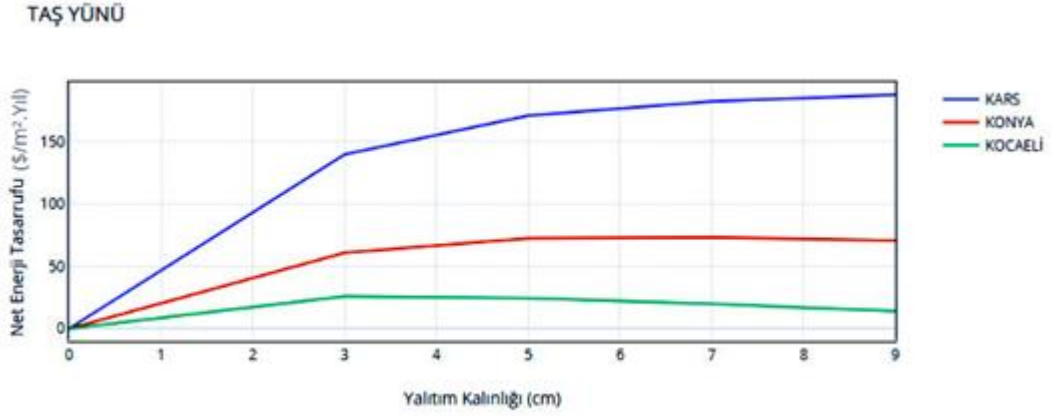
Tablo 33. Çatıda kalınlıklara göre geri ödeme süreleri

	Malzeme Kalınlığı (cm)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
KARS	6	0,42
	8	0,53
	10	0,64
	12	0,76
	14	0,88
KONYA	6	0,88
	8	1,13
	10	1,39
	12	1,67
	14	1,96
KOCAELİ	6	1,91
	8	2,53
	10	3,23
	12	4
	14	4,86

Tablo 33'te yer aldığı gibi Kars ilinin çatı yüzeyi için farklı yalıtım kalınlıklarına göre geri ödeme süresi 0,42 ile 0,88 yıl Konya ili için 0,88 ile 1,96 yıl Kocaeli ili için 1,91 ile 4,86 yıl arasında değişmektedir. Aynı il için yalıtım kalınlığının artmasına bağlı olarak geri ödeme süresin de artış olmalıdır. Bu durumun temel sebepleri dış duvar yalıtımında olduğu gibi illerin iklim şartları ve kullanılan ısı yalıtımı malzemesinin maliyeti ile doğrudan ilişkilidir.

3.9 Net Enerji Tasarrufu ve Isı Yalıtım Malzeme Grafiği:

Aşağıda şehirlere göre dış duvar yüzeyi için taş yünü ısı yalıtım malzemesine ve farklı kalınlıklarına göre faydalı yalıtım ömrü boyunca net enerji tasarrufunu gösteren grafik, Şekil 33'te yer almaktadır.



Şekil 33. Dış duvar yüzeyinde illerin net enerji tasarrufu

Yukarıda yer aldığı gibi dış duvar yüzeyinde en fazla enerji tasarrufu sağlanan ilden en az enerji tasarrufuna göre sıralama yapılırsa, Kars>Konya>Kocaeli şeklinde sıralanır.

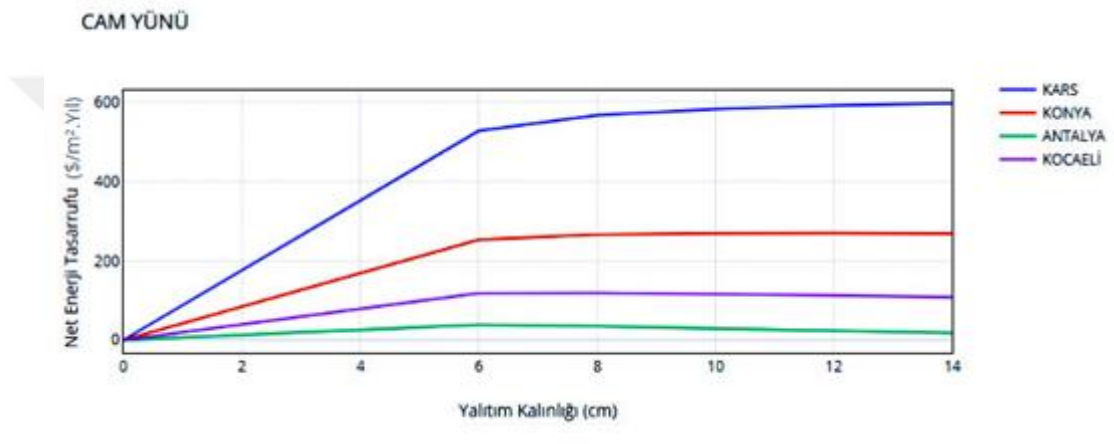
Kars ilinde taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılarak 9 cm'e kadar kalınlığın artması ile net enerji tasarrufu sürekli olarak artmaktadır. Bu durumda referans alınan değerler için yalıtım kalınlığının artması Kars ili için enerji tasarrufu açısından olumlu sonuçlanmaktadır.

Konya ili için taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanıldığında referans değerlere göre yaklaşık olarak 7 cm'e kadar net enerji tasarrufunda artış olduğu ve 7 cm'den sonra net enerji tasarrufunun azaldığı gözlemlenmektedir.

Kocaeli ili için taş yünü ısı yalıtım malzemesini kullanıldığında yaklaşık olarak referans değerlere göre 5 cm'den sonra net enerji tasarrufunda azalış gözlemlenmektedir.

Konya ve Kocaeli ilinde belirtilen referans değerlerinden itibaren oluşan azalışın sebebi optimum yalıtım kalınlığı azalışın sebebi optimum yalıtım kalınlığından sonra yalıtım kalınlığının arttırılması enerjiden tasarruf yerine zarar elde edileceğinin göstergesidir.

Aşağıda şehirlere göre çatı yüzeyi için yalıtım malzemesine ve farklı kalınlıklara göre faydalı yalıtım ömrü boyunca net enerji tasarrufunu gösteren grafik, Şekil 34'te yer almaktadır.



Şekil 34. Çatı yüzeyinde illerin net enerji tasarrufu

Yukarıdan anlaşıldığı gibi çatı yüzeyinde en fazla enerji tasarrufu sağlanan ilden en az enerji tasarrufuna göre sıralama yapılırsa, Kars>Konya>Kocaeli>Antalya şeklinde sıralanır.

Kars ilinde taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılarak 14 cm'e kadar kalınlığın artması ile net enerji tasarrufu sürekli olarak artmaktadır. 12 ile 14 cm arasında net enerji tasarrufu artış hızı azalmaktadır. Bu durumda referans alınan değerler için yalıtım kalınlığının artması Kars ili için enerji tasarrufu açısından olumlu sonuçlanmaktadır.

Konya ili için taş yünü ısı yalıtım malzemesi kullanıldığında referans değerlere göre yaklaşık olarak 10 ile 12 cm arasında net enerji tasarrufu eşit olup, 12 cm'den sonra net enerji tasarrufunda azalış gözlemlenmektedir.

Kocaeli ili için taş yünü ısı yalıtımı malzemesini kullanıldığında yaklaşık olarak referans değerlere göre 8 cm' den sonra azalış gözlemlenmiştir.

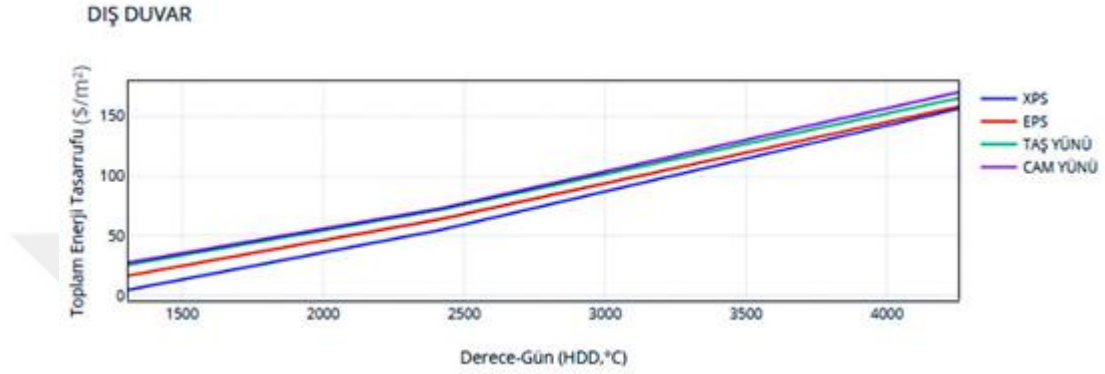
Diğer illere göre daha sıcak iklime sahip olan, Antalya ili için taş yünü ısı yalıtımı malzemesini kullanıldığında yaklaşık olarak referans değerlere göre 6 cm' den sonra azalış gözlemlenmiştir.

Konya, Kocaeli ve Antalya ilinde belirtilen referans değerlerinden itibaren oluşan azalışın sebebi optimum yalıtım kalınlığından sonra yalıtım kalınlığının artırılması enerjiden tasarruf yerine zarar elde edileceğinin göstergesidir.



3.10 Toplam Enerji Tasarrufu ve Derece-Gün (HDD) Grafiği:

Aşağıda dış duvar yüzeyi için farklı yalıtım malzemelerine ve şehirlerin HDD (derece-gün) değerlerine göre net enerji tasarrufunu gösteren grafik, Şekil 35'te yer almaktadır.

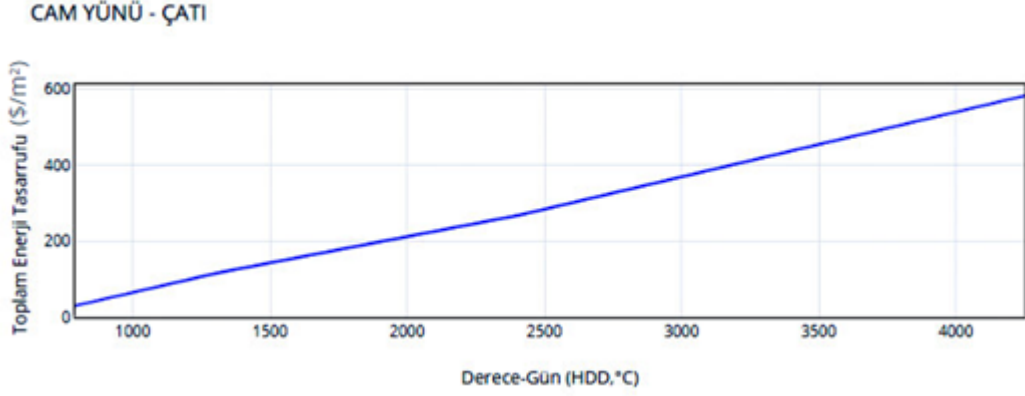


Şekil 35. İllerin Derece-Gün verilerine göre dış duvarda enerji tasarrufu

Dış duvar için illerin buldukları bölgelere göre HDD değerleri değişiklik göstermektedir. Derece gün sıralaması sıcak iklimli illerden soğuk iklimli illere doğru artmaktadır. Derece gün değeri belli bir zaman aralığında (ay, yıl vb.) soğğun şiddetini belirtmektedir. Bu durumda illerin derece gün (HDD) sıralaması Antalya<Kocaeli<Konya<Kars şeklindedir.

Yukarıdaki verilerden de anlaşıldığı gibi derece gün değerlerinin artması ile enerji tasarrufu da artmaktadır. En düşük derece gün değerine sahip Antalya ilinde enerji tasarrufu en düşük iken en yüksek derece gün değerine sahip Kars ilinde enerji tasarrufu en fazladır. Cam yünü ve taş yünü ısı yalıtımı malzemesi derece gün değerlerine göre enerji tasarrufu birbirine çok yakındır. Derece gün değerlerine göre enerji tasarrufu sağlayan ısı yalıtımı malzemesi en az XPS, en fazla ise cam yünü ve taş yünüdür.

Aşağıda şehirlere göre çatı yüzeyi için yalıtım malzemesi ve şehirlerin HDD (derece-gün) değerlerine göre net enerji tasarrufunu gösteren grafik, Şekil 36'da yer almaktadır.



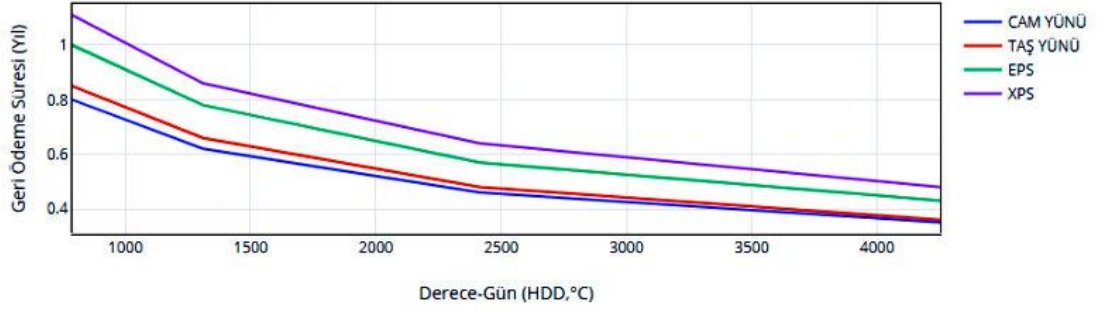
Şekil 36. İllerin Derece-Gün verilerine göre çatıda enerji tasarrufu

Çatı yüzeyinde cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılarak illerin derece gün değerlerine göre toplam enerji tasarrufu sıralaması Antalya<Kocaeli<Konya<Kars şeklindedir. Derece gün değerlerine göre en düşük enerji tasarrufu birinci bölgede yer alan Antalya ili iken en yüksek enerji tasarrufuna sahip olan il dördüncü bölgede yer alan Kars olarak gösterilmektedir.

3.11 Geri Ödeme Süresi ve Derece-Gün (HDD) Grafiği:

Aşağıda şehirlere göre dış duvar yüzeyi için farklı yalıtım malzemelerine ve şehirlerin HDD (derece-gün) değerlerine göre yaşam döngüsü maliyet analizinin optimum geri ödeme süresini gösteren grafik, Şekil 37'de yer almaktadır.

DIŞ DUVAR

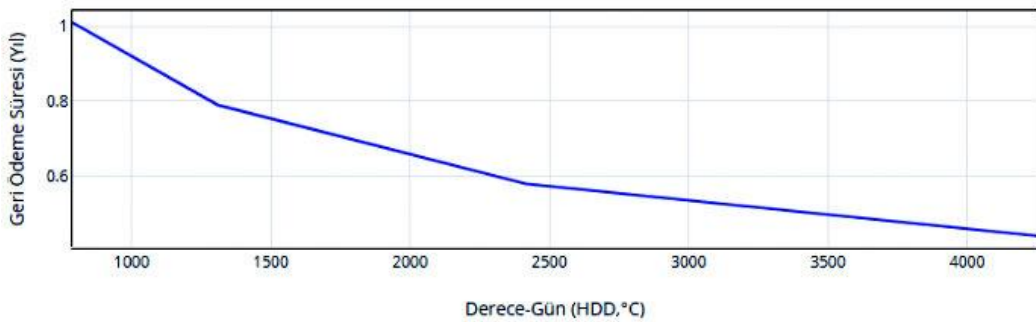


Şekil 37. İllerin Derece-Gün verilerine göre dış duvarda geri ödeme süresi

Yukarıda belirtildiği gibi dış duvar yüzeyine göre, Derece-Gün değerlerinin artmasına bağlı olarak yıl bazlı geri ödeme süresi azalmıştır. Bu durum Derece-Gün değeri düşük olan illerde geri ödeme süresinin fazla, yüksek olan illerde geri ödeme süresinin düşük olduğunun göstergesidir. En düşük geri ödeme süresi cam yünü ısı yalıtım malzemesi, en yüksek geri ödeme süresi ise XPS ısı yalıtım malzemesinde sağlanmıştır. İllerin ısı kaybı ve yalıtım maliyeti ile doğrudan ilişkilendirilebilir.

AŞağıda Şehirlere göre çatı yüzeyi için yalıtım malzemesine ve Şehirlerin HDD (derece-gün) değerlerine göre yaşam döngüsü maliyet analizinin optimum geri ödeme süresini gösteren grafik, Şekil 38'de yer almaktadır.

ÇATI



Şekil 38. İllerin Derece-Gün verilerine göre çatıda geri ödeme süresi

Şekil 38’de belirtildiği gibi çatı yüzeyine göre, Derece-Gün değerlerinin artmasına bağlı olarak yıllara göre geri ödeme süresi azalmıştır. Dış duvardaki gibi, Derece-Gün değeri düşük olan illerde geri ödeme süresinin fazla, yüksek olan illerde geri ödeme süresinin düşük seyretmektedir. Çatı yüzeyi için cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanılarak analiz yapılmıştır.



4. SONUÇLAR, TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER

Tez araştırmasında yöntem olarak, birinci adımda konu belirlenmiştir ve konu ile ilgili detaylı araştırma yapılmıştır. Tez konusu ile ilgili daha önce yapılan araştırmalar incelenerek literatür taranmıştır. Isı yalıtımı hakkında genel bir bilgi verilmiştir. Isı yalıtımından ve ısı yalıtım malzemelerinden bahsedilmiştir. Isı yalıtımı konusunda TS 825 Isı yalıtım kuralları incelenmiştir. Malzemelerin bina yüzeylerine uygulanabilirliği, yasalar ile belirlenen kurallara göre optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması ile ilgili örnek tezler, makaleler ve web sitelerden detaylıca araştırma yapılmıştır.

Farklı Derece-Gün bölgelerinde bulunan şehirlere göre hesaplamalar sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Yalıtım uygulanmadan ve farklı yalıtım kalınlıklarına ve türlerine göre özgül ısı kaybı hesaplanmıştır.

✓ Dış duvar yüzeyine yalıtım malzemesi uygulanmadan yapılarda meydana gelen ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1’de 317,15 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2’de 882,57 W/K, toprak temaslı duvar 1.1’de 268,16 W/K, tavan (çatılı) 1.1.’de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1’de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1’de 26,74 W/K, dış pencere 1’de 388,7 W/K, dış kapı 1’de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 2244,58 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak dış duvar yüzeyine ısı yalıtımı uygulanmadan gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 5174,13 W/K’ tır.

✓ Dış duvara yüzeyine ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 3 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 216,66 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 226,12 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 132,22 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1351,67 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 3 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4281,23 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 5 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 178,87 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 151,16 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 98,82 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1205,53 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 5 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4135,08 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 7 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 152,30 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 113,52 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 78,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1121,41 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 7 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4050,96 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 9 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 132,61 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 90,90 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 65,65 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1065,85 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak ekstrüde polistren köpüğü (XPS) 9 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 3995,40 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine cam yünü 3 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 231,31 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 265,63 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 147,13 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1420,76 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 3 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4350,32 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine cam yünü 5 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 195,95 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 181,19 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 113,10 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1266,93 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 5 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4196,49 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine cam yünü 7 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 169,97 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 137,48 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 91,85 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1176,01 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 7 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4105,56 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine cam yünü 9 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 150,07 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 110,76 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 77,33 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1114,86 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 9 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4044,41 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine taş yünü 3 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 222,70 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 241,51 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 138,22 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1379,12 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak taş yünü 3 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4308,68 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine taş yünü 5 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 185,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 162,71 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 104,47 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1229,69 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak taş yünü 5 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4159,24 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine taş yünü 7 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 159,40 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 122,69 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 83,97 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1142,75 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak taş yünü 7 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4072,31 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine taş yünü 9 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı: Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 139,57 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 98,46 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 70,19 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1084,92 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak taş yünü 9 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4014,47 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine polistiren sert köpük (EPS) 3 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 229,72 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 260,95 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 145,45 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1412,81 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak polistiren sert köpük (EPS) 3 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4342,36 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine polistiren sert köpük (EPS) 5 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 194,05 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 177,57 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 111,45 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1259,76 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak polistiren sert köpük (EPS) 5 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4189,32 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine polistiren sert köpük (EPS) 7 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 167,97 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 134,57 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 90,33 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1169,57 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak polistiren sert köpük (EPS) 7 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4099,12 W/K' tır.

✓ Dış duvar yüzeyine polistiren sert köpük (EPS) 9 cm kalınlığında uygulanarak dış duvar yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 148,07 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 108,34 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 75,94 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,67 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1109,04 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak polistiren sert köpük (EPS) 9 cm kalınlığında gerçekleşen özgül ısı kaybı toplamı 4038,60 W/K' tır.

Dış duvar yüzeyine (dış havaya açık ve toprak temaslı) cam yünü, XPS, taş yünü ve EPS ısı yalıtımı malzemesi farklı kalınlıklarda uygulanmıştır. Tavan, taban, pencere ve kapı yüzeyinde değişiklik yapılmadığı için bu yapı elemanlarında meydana gelen ısı kaybı miktarı değişmeyecektir. Isı yalıtımı dış duvar yüzeyine uygulandığı için özgül ısı kaybı değerleri bu yüzeylerde ısı yalıtımı malzemesi türüne ve kalınlığına bağlı olarak değiştiği böylece toplam özgül ısı kaybında değişiklik olduğu gözlemlenmiştir. Toplam özgül ısı kaybı sıralaması malzeme türüne göre cam yünü>EPS>taş yünü>XPS şeklindedir. Özgül ısı kaybı en fazla cam yünü en az ise XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığı durumda meydana gelecektir. Özgül ısı kaybının düşük olması ısı yalıtımı açısından olumlu bir etkiye sahiptir.

✓ Çatı yüzeyine yalıtım malzemesi uygulanmadan yapılarda meydana gelen ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 1694,14 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 2681,11 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak dış duvar yüzeyine ısı yalıtımı uygulanmadan gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 5610,67 W/K' tır.

✓ Çatı yüzeyine cam yünü 6 cm kalınlığında uygulanarak çatı yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 299,08 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1286,05 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 6 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4215,61 W/K' tır.

✓ Çatı yüzeyine cam yünü 8 cm kalınlığında uygulanarak çatı yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 234,66 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1221,64 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 8 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4151,19 W/K' tır.

✓ Çatı yüzeyine cam yünü 10 cm kalınlığında uygulanarak çatı yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 193,08 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1180,05 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 10 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4109,61 W/K' tır.

✓ Çatı yüzeyine cam yünü 12 cm kalınlığında uygulanarak çatı yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 164,01 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1150,99 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 12 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4080,54 W/K' tır.

✓ Çatı yüzeyine cam yünü 14 cm kalınlığında uygulanarak çatı yapı elemanlarında meydana gelen özgül ısı kaybı; Duvar (dış havaya açık) 1.1'de 173,81 W/K, duvar (dış havaya açık) 1.2'de 143,24 W/K, toprak temaslı duvar 1.1'de 127,89 W/K, tavan (çatılı) 1.1.'de 142,55 W/K, taban (toprak temaslı) 1.1'de 106,58 W/K, taban (ısıtılmayan iç) 1.1'de 26,74 W/K, dış pencere 1'de 388,7 W/K, dış kapı 1'de 20 W/K olup, iletim yoluyla gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 1129,53 W/K olarak hesaplanmıştır. Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı da hesaba katılarak cam yünü 12 cm kalınlığında gerçekleşen toplam özgül ısı kaybı 4059,08 W/K' tır.

Tavan yüzeyine (çatılı) cam yünü ısı yalıtımı malzemesi farklı kalınlıklarda uygulanmıştır. Dış duvar, taban, pencere ve kapı yüzeyinde değişiklik yapılmadığı için bu yapı elemanlarında meydana gelen ısı kaybı miktarı değişmeyecektir. Isı yalıtımı çatı yüzeyine uygulandığı için özgül ısı kaybı değerleri bu yüzeyde ısı yalıtımı malzemesi kalınlığına bağlı olarak değiştiği böylece toplam özgül ısı kaybında değişiklik olduğu gözlemlenmiştir. Toplam özgül ısı kaybı sıralaması malzeme kalınlığına göre cam yünü 8 cm > cam yünü 10 cm > cam yünü 12 cm > cam yünü 14 cm şeklindedir. Özgül ısı kaybı en fazla cam yünü 8 cm iken en az cam yünü 14 cm kalınlıkta kullanıldığı durumda meydana gelecektir. Özgül ısı kaybı aynı malzeme kullanıldığında malzeme kalınlığına bağlı olarak azalma göstermiştir.

• Yalıtım uygulanmadan ve farklı yalıtım kalınlıkları ile türlerine göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı illere göre farklılık göstereceğinden hesaplar ayrı ayrı yapılmıştır.

✓ Kars ili dış duvar yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 25,70 kWh/m³ ‘tür.

XPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 19,35 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 18,34 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 17,77 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 17,40 kWh/m³ ‘tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 19,82 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 18,76 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 18,14 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 17,73 kWh/m³ ‘tür.

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 19,53 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 18,51 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 17,92 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 17,52 kWh/m³ ‘tür.

EPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 19,77 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 18,71 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 18,10 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 17,69 kWh/m³ ‘tür.

✓ Konya ili dış duvar yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 12,53 kWh/m³ ‘tür.

XPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 9,24 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 8,73 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 8,44 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 8,25 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 9,49 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 8,95 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 8,63 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 8,42 kWh/m³ 'tür.

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 9,34 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 8,82 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 8,52 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 8,32 kWh/m³ 'tür.

EPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 9,46 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 8,92 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 8,61 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 8,40 kWh/m³ 'tür.

✓ Antalya ili dış duvar yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi:

Yalıtım uygulanmadığında; 2,68 kWh/m³ 'tür.

XPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 1,92 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 1,80 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 1,73 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 1,69 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 1,97 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 1,85 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 1,78 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 1,73 kWh/m³ 'tür.

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 1,94 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 1,82 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 1,75 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 1,71 kWh/m³ 'tür.

EPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 1,96 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 1,84 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 1,77 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 1,72 kWh/m³ 'tür.

✓ Kocaeli ili dış duvar yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 6,16 kWh/m³ 'tür.

XPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 4,48 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 4,22 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 4,07 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 3,97 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 4,61 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 4,33 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 4,17 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 4,06 kWh/m³ 'tür.

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 4,53 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 4,26 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 4,11 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 4,01 kWh/m³ 'tür.

EPS ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 3 cm kalınlığında 4,59 kWh/m³ , 5 cm kalınlığında 4,32 kWh/m³ , 7 cm kalınlığında 4,16 kWh/m³ , 9 cm kalınlığında 4,05 kWh/m³ 'tür.

✓ Kars ili çatı yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 28,93 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 6 cm kalınlığında 18,89 kWh/m³ , 8 cm kalınlığında 18,45 kWh/m³ , 10 cm kalınlığında 18,17 kWh/m³ , 12 cm kalınlığında 17,97 kWh/m³ , 14 cm kalınlığında 17,83 kWh/m³ 'tür.

✓ Konya ili çatı yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 14,23 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 6 cm kalınlığında 9,01 kWh/m³ , 8 cm kalınlığında 8,79 kWh/m³ , 10 cm kalınlığında 8,64 kWh/m³ , 12 cm kalınlığında 8,54 kWh/m³ , 14 cm kalınlığında 8,47 kWh/m³ 'tür.

✓ Antalya ili çatı yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 3,09 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 6 cm kalınlığında 1,86 kWh/m³ , 8 cm kalınlığında 1,81 kWh/m³ , 10 cm kalınlığında 1,78 kWh/m³ , 12 cm kalınlığında 1,76 kWh/m³ , 14 cm kalınlığında 1,74 kWh/m³ 'tür.

✓ Kocaeli ili çatı yüzeyi için hesaplama yapılan binadaki birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi;

Yalıtım uygulanmadığında; 7,09 kWh/m³ 'tür.

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi uygulandığında; 6 cm kalınlığında 4,36 kWh/m³ , 8 cm kalınlığında 4,25 kWh/m³ , 10 cm kalınlığında 4,17 kWh/m³ , 12 cm kalınlığında 4,12 kWh/m³ , 14 cm kalınlığında 4,09 kWh/m³ 'tür.

Birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisine göre illeri sıralamak istersek, Kars>Konya>Kocaeli>Antalya şeklindedir. Böylece birim hacim başına düşen ısıtma enerjisi en fazla Kars ilinde olacakken en az Antalya ili olarak hesaplamalar sonucunda belirlenmiştir. Bu durumun temel sebebi şehirlerin ortalama dış sıcaklık değerlerine bağlı olarak iklim özellikleridir.

Farklı yalıtım malzemelerine göre farklı şehirlerin optimum dış duvar yalıtım kalınlıkları yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi ile hesaplanmıştır. Analiz verileri aşağıdaki gibidir.

✓ Kars ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 5,72 cm,
Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 10,05 cm,
Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 8,34 cm,
EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 7,77 cm,

Kars ili için ısı yalıtım malzemeleri verileri hesaplandığında, optimum kalınlıkların yaklaşık olarak 5 ile 10 cm arasında değiştiği ve en az kalınlık gerektiren malzemenin XPS olduğu en fazla kalınlık gerektiren malzemenin ise cam yünü olduğu gözlemlenmiştir. Kars ili soğuk bir iklime sahip olması nedeniyle ısı yalıtıma en uygun şehirlerden biridir. Doğru yalıtım ile büyük oranda enerji tasarrufu sağlanacaktır.

✓ Konya ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 4,24 cm,
Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 7,48 cm,
Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 6,20 cm,
EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 5,77 cm,

Konya ili için ısı yalıtım malzemeleri verileri hesaplandığında, optimum kalınlıkların yaklaşık olarak 4 ile 8 cm arasında değiştiği ve en az kalınlık gerektiren malzemenin XPS olduğu en fazla kalınlık gerektiren malzemenin ise cam yünü olduğu gözlemlenmiştir.

✓ Antalya ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 2,30 cm,

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 4,12 cm,

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 3,41 cm,

EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 3,41 cm,

Antalya ili için ısı yalıtım malzemeleri verileri hesaplandığında, optimum kalınlıkların yaklaşık olarak 2 ile 4 cm arasında değiştiği ve en az kalınlık gerektiren malzemenin XPS olduğu en fazla kalınlık gerektiren malzemenin ise cam yünü olduğu gözlemlenmiştir. Taş yünü ve EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanılması durumunda malzeme kalınlığı aynı olacaktır.

✓ Kocaeli ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 3,05 cm,

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 5,42 cm,

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 4,49 cm,

EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 4,16 cm,

Kocaeli ili için ısı yalıtım malzemeleri verileri hesaplandığında, optimum kalınlıkların yaklaşık olarak 3 ile 5 cm arasında değiştiği ve en az kalınlık gerektiren malzemenin XPS olduğu en fazla kalınlık gerektiren malzemenin ise cam yünü olduğu gözlemlenmiştir.

Farklı şehirler için yapılan hesapların tamamında optimum kalınlık için ısı yalıtım malzemelerinin iletim katsayıları oldukça önemli bir parametredir. En büyük ısı iletkenlik değerine sahip olan ısı yalıtım malzemesi cam yünü olup, en küçük ısı iletkenlik değerine sahip olan ısı yalıtım malzemesi XPS'dir. Bu sebeple, iletim katsayısı büyük olan ısı yalıtım malzemesi daha fazla dış hava ile iç hava arasında sıcaklık farkı nedeniyle ısı iletiminde bulunacağı için bu malzemelerde daha fazla malzeme kalınlığı uygulamak gerekecektir. Bu durumun aksine iletim katsayısı küçük olan ısı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlıkları daha küçük olup, dış hava ile iç hava arasındaki sıcaklık farkını daha az ileticektir. Böylece daha az ısı yalıtım malzemesi kullanmak uygun olacaktır. Aksi takdirde gereksiz yere malzeme kalınlığını arttırmak ilk yatırım maliyeti açısından zarara neden olacaktır. Birim fiyatı, ısı iletim katsayısı küçük olan ve ısı yalıtımı için daha çok kullanıma elverişli olan XPS ısı yalıtım malzemesinin diğer ısı yalıtım malzemelerine göre birim fiyatının daha fazla olduğu görülmektedir.

Şehirler olarak optimum yalıtım kalınlıkları incelendiğinde, en fazla ısı yalıtım malzemesi kalınlık aralığı Kars ili için gerekliyken, Antalya ili için optimum yalıtım kalınlıkları aralığı daha düşüktür. Bu durumun sebebi ise şehirlerin iklim özellikleridir. Kars şehri diğer illere göre daha soğuk ve ortalama dış sıcaklık değeri de daha fazladır. Antalya şehri ise diğer illere göre daha sıcak bir iklime sahip olup, ortalama dış sıcaklık değeri daha düşüktür.

Farklı şehirlerin optimum çatı yalıtım kalınlıkları yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi ile hesaplanmıştır. Çatı yalıtımında hesaplamalar cam yünü ısı yalıtım malzemesine göre yapılmış olup, analiz verileri aşağıdaki gibidir.

✓ Kars ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanıldığında; 9,95 cm

✓ Konya ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 7,39 cm

✓ Antalya ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 4,03 cm

✓ Kocaeli ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 5,32 cm

Çatı yalıtımı için cam yünü ısı yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Şehirlerin iklim özelliklerine bağlı olarak en fazla ısı yalıtım kalınlığı gerektiren şehir Kars olup, en az kalınlık gerektiren şehir Antalya'dır. Bu durumun sebebi dış duvar yalıtımında açıklandığı gibi, şehirlerin iklim özellikleri ve ortalama dış sıcaklık değerleri ile ilişkilidir.

Farklı şehirlerin dış duvar ısı yalıtımı için optimum geri ödeme süreleri yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi ile hesaplanmıştır. Analiz verileri aşağıdaki gibidir.

✓ Kars ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,48 yıl,

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,35 yıl,

Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,36 yıl,

EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,43 yıl,

✓ Konya ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,64 yıl,

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,46 yıl,
Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,48 yıl,
EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,57 yıl,

✓ Antalya ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 1,11 yıl,
Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,80 yıl,
Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,85 yıl,
EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 1,00 yıl,

✓ Kocaeli ili dış duvar ısı yalıtımı uygulaması için;

XPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,86 yıl,
Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,62 yıl,
Taş yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,66 yıl,
EPS ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,78 yıl,

Şehirlerin optimum yalıtım kalınlığının geri ödeme süreleri hesaplanarak elde edilen verilere göre uygulanan yalıtımın geri ödeme süresi en fazla Antalya en az ise Kars olarak hesaplanmıştır. Bu durumun temel sebebi iklim özellikleri de olsa şehirlerin yalıtıma uygunluğu ile ilgilidir. Kars şehri ülkemizin en soğuk illerinden birisi olması sebebiyle yalıtım ile sağlanacak olan enerji tasarrufu fazla olup, tasarrufu sağlayan maliyet daha kısa sürede amorti edecektir. Şehirler karşılaştırıldığında farkın sebebi enerji tasarrufu miktarının ilk yatırım maliyeti ile alakalıdır.

Farklı şehirlerin çatı ısı yalıtımı için optimum geri ödeme süreleri yaşam döngüsü maliyet analizi yöntemi ile hesaplanmıştır. Analiz verileri aşağıdaki gibidir.

✓ Kars ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,44 yıl

✓ Konya ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,58 yıl

✓ Antalya ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 1,01 yıl

✓ Kocaeli ili çatı ısı yalıtımı uygulaması için;

Cam yünü ısı yalıtımı malzemesi kullanıldığında; 0,79 yıl

Çatı yalıtımı uygulamasında da aynı ısı yalıtımı malzemesi kullanarak farklı ödeme sürelerinin oluşmasının sebebi şehirlerin iklim özellikleri bağlı olarak sağlanan enerji tasarrufu ve ilk yatırım maliyeti ile ilişkilidir. Isı yalıtımı ile en fazla tasarruf sağlanan şehir Kars olması sebebiyle geri ödemesi en düşüktür.

Isı yalıtımı uygulamasında öneriler;

- Isı yalıtımı uygulanacak bölgenin iklim şartları incelenerek yalıtıma uygunluğunun tespiti,
- Isı yalıtım malzemesinden beklenen özelliklere (yanıcılık sınıfı, su buharı difüzyon direnci, kuvvet ve korozyon mukavemeti, neme karşı dayanıklılığı, uygulanacağı yüzeye ve şehre uygunluğu) sahip olması,
- Isıtma ihtiyacı için kullanılacak olan yakıtın ısı değeri,
- Uygulanacak ısı yalıtım malzemesinin çevre dostu olması,
- Isı yalıtımı için şehirlere göre, ısı yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısına göre optimum yalıtım kalınlıklarının değiştiği ve optimum değer sonucunda enerji tasarruf miktarı oranına,

Doğru ve yönetmeliğe uygun Őartlarda uygulanan ısı yalıtımı ile binalarda yangın güvenliği, konfor Şartları, bina ömrü, dış cephede estetikliği, enerji verimliliği, çevreye yayılan zehirli gazlar, evre (ekolojik) dengesi, insan sağlığı, yakıt tüketiminde azalma ülke ekonomisi ve maliyet açısından daha fayda sağlayacaktır.



5. KAYNAKLAR

- Akdeniz, N., İlhan, C. D., Üçgül, İ., Acar, M., & Bayhan, M. (2007). Doğal gazlı kojenerasyon sisteminin termodinamik analizi ve Süleyman demirel üniversitesi örneği. İzmir: VIII. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi.
- Akıncı, H. (2007, Ocak). Günümüzde uygulanan ısı yalıtım malzemeleri, özellikleri, uygulama teknikleri ve fiyat analizleri. Sakarya üniversitesi fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi.
- Altınışik, K. (2016). Isı yalıtımı. Ankara: Nobel yayıncılık.
- Angın, B. (2007). Cam sanayinde geleneksel yakıtlar yerine doğal gaz kullanımının enerji ekonomisi açısından incelenmesi. Mersin: Mersin üniversitesi Yüksek lisans tezi.
- Bayrak, M., & Esen, Ö. (2014). Türkiye'nin enerji açığı sorunu ve çözümüne yönelik arayışlar. Atatürk üniversitesi iktisadi ve idari bilimler dergisi, 139-158.
- Bolattürk, A. (2006). Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. Applied thermal engineering , 1301-1309.
- Candan, N. (2007, Eylül). Isı yalıtım sistemleri ve özelliklerinin karşılaştırılması . Sakarya üniversitesi fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi.
- Coğrafya dünyası. (2020). <http://www.cografya.gen.tr/tr/antalya/iklim.html> adresinden alındı
- Cooper, J. s., & Fava, J. A. (2008). Life- Cycle assessment practitioner survey: summary of results. Endüstriyel ekoloji dergisi , 12-14.
- Cuce, E., Cuce, P., Wood, C., & Saffa, B. (2014). Optimizing insulation thickness and analysing environmental impacts of aerogel-based thermal superinsulation in buildings. Energy and buildings, 28-39.
- Çomaklı, K., & Terhan, M. (2011). Sıcak su üretimi için baca gazı atık enerjinin kullanımı. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 43-51.
- Çomaklı, K., & Yüksel, B. (2003). Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. Applied thermal engineering, 473-479.
- Çomaklı, K., Yüksel, B., & Bakırcı, K. (2006). Bölgesel ısıtma sistemleri boru hatlarında meydana gelen enerji ve ekserji kayıpları. Tesisat mühendisliği dergisi, 33-38.

- Dağsöz, A. K. (1991). Yapılarda ısı yalıtımı ve buhar geçişi. İstanbul: Emre Batbaacılık.
- Daouas, N. (2016). Impact of external longwave radiation on optimum insulation thickness in Tunisian building roofs based on a dynamic analytical model. *Applied Energy*, 136-148.
- Daşdemir, A., Ertürk, M., Keçebaş, A., & Demircan, C. (2017). Effects of air gap on insulation thickness and life cycle costs for different pipe diameters in pipeline. *Energy*, 492-504.
- Dombayci, A., Atalay, Ö., Acar, Ş. G., Ulu, E. Y., & Ozturk, H. K. (2017). Thermoeconomic method for determination of optimum insulation thickness of external walls for the houses: Case study for Turkey. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 1-8.
- Ekinci, C. E. (2003). Yalıtım teknikleri. İstanbul: Atlas yayın.
- Erdem, S. (2008). Çatıda kullanılan polimer kökenli levhaların. İstanbul teknik üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi.
- Ertürk, M., Keçebaş, A., Daşdemir, A., & Kurt, H. (2016, October 24-26). Isıtma ve soğutma uygulamalarında optimum yalıtım kalınlığı ve enerji tasarrufu analizi . İstanbul, Turkey : 10th International Clean Energy Symposium.
- Guinée, J., Heijungs, R., Kuklaları, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Rydberg, T. (2011). Yaşam döngüsü değerlendirmesi: geçmiş, bugün ve gelecek. *Çevre bilimi ve teknolojisi* , 90-96.
- Güç, A. (2005). Yapılarda extrude polistren ısı yalıtımı. *İzolasyon dünyası dergisi*.
- Gürel, A. E., & Daşdemir, A. (2011). Türkiye'nin dört farklı iklim bölgesinde ısıtma ve soğutma yükleri için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi . *Erciyes üniversitesi fen bilimleri enstitüsü dergisi*, 346-352.
- İzocam. (2003). Minarel yünlerle yalıtım. *İzocam diyalog dergisi*.
- İzocam. (2018). <https://www.izocam.com.tr/v1-yalitim-urunleri.html> adresinden alındı
- İzoder. (2003). Isı yalıtımı. *İnşaat teknolojisi*.
- Kahya, E. (1999). Mühendislik ekonomisi. Eskişehir: Osmangazi üniversitesi.
- Karagöz, N. (2004, Temmuz 16). Konutlarda çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarının incelenmesi ve değerlendirilmesi. *Uludağ üniversitesi fen bilimleri enstitüsü yüksek lisans tezi*.

- Kaya, D., & Öztürk, H. (2014). Isı Yalıtımı İle Enerji Tasarrufu. Sanayide enerji yönetimi ve enerji verimliliği (s. 448-464). içinde Kocaeli: Umuttepe yayınevi.
- Kaynaklı, O. (2008). A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. *Renewable energy*, 1164-1172.
- Keçebaş, A. (2012). Bölgesel Isıtma Sistemlerinde Boru yalıtımı yoluyla enerji tasarrufu için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi . *Makine teknolojileri elektronik dergisi* , 1-14.
- Keskin, M. (2006, Ağustos). Stratejik açıdan avrupa birliği enerji politikası ve uluslararası güvenlik sistemine etkisi. Dokuz eylül üniversitesi sosyal bilimler enstitüsü Doktora tezi.
- Kocaeli büyük şehir belediyesi. (2017, Ekim 2). Sosyo ekonomik yapı: <https://www.kocaeli.bel.tr/tr/main/pages/sosyo-ekonomik-yapi/100> adresinden alındı
- Korpi, E., & Ala-Risku, T. (2008). Yaşam döngüsü maliyetlemesi: Yayınlanmış vaka çalışmalarının gözden geçirilmesi. *Yönetim denetim dergisi* , 240-261.
- Kurekci, N. A. (2016). Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey's provincial centers. *Energy and buildings*, 197-213.
- Küçüktopcu, E., & Cemek, B. (2018). A study on environmental impact of insulation thickness of poultry building walls. *Energy*.
- Liu, X., Chen, Y., Ge, H., Fazio, P., Chen, G., & Guo, X. (2015). Determination of optimum insulation thickness for building walls with moisture transfer in hot summer and cold winter zone of China. *Energy and buildings*, 361-368.
- Mahlia, T., & Iqbal, A. (2010). Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives. *Energy*, 2242-2250.
- Olgun, B., Batur, B., Batur, H., Tüter, H., & Heperkan, H. A. (2007). Bir gıda işletmesinde fonksiyon kalite kontrol uygulaması. İzmir: VIII. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi ve sergisi bildirileri.
- Ozel, M. (2012). Cost analysis for optimum thicknesses and environmental impacts of different insulation materials. *Energy and buildings*, 552-559.
- Özdabak, A. (2008, Aralık 17-19). Sanayide enerjinin verimli kullanılması. İstanbul, Türkiye: VII. Ulusal temiz enerji sempozyumu.

- Özel, M. (2013). Dört farklı il için optimum yalıtım kalınlıklarının belirlenmesi ve çevresel analiz . Makine teknolojileri elektronik dergisi, 1-17.
- Özel, M., & Pıhtılı, K. (2008). Determination of optimum insulation thickness by using heating and cooling degree-day values . Journal of engineering and natural sciences mühendislik ve fen bilimleri dergisi , 191-197.
- Özkan, D. B., Onan, C., & Erdem, S. (2009). Effect of insulation material thickness on thermal insulation. Journal of engineering and natural sciences mühendislik ve fen bilimleri dergisi , 190-196.
- Paralı, D. (2009, Haziran). Bina duvarlarında uygulanan ısı yalıtım sistemlerinin incelenmesi. Sakarya üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi.
- Sanal şantiye. (2020, Mayıs 3). [https://www.sanalsantiye.com/isi-yalitimi-nedir/adresinden alındı](https://www.sanalsantiye.com/isi-yalitimi-nedir/adresinden%20alindi)
- Sartor, K., & Dewallef, P. (2017). Exergy analysis applied to performance of buildings in Europe. Energy and Buildings, 348-354.
- Tamzok, N. (2005). Kömür rezervlerine sahip ülkelerde elektrik üretiminde kullanılan kaynakların seçimi ve Türkiye'nin konumu. TMMOB maden mühendisleri odası.
- Terzi, S., & Arcaklıoğlu, E. (2006, Kasım 16-17). Sanayide enerji geri kazanımı ve AKG yalıtım. Kırıkkale, Turkey: 9. Uluslararası yanma sempozyumu.
- Tesisat. (2015, Kasım 8). <https://www.thesisat.org/isi-yalitimi-nedir.html> adresinden alındı
- Topçuoğlu, K. (2017). Yalıtım teknolojisi. Nobel editör .
- TS 825. (2008, Mayıs). Binalarda ısı yalıtım kuralları . Ankara: Türk standartları enstitüsü.
- TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları . (2009, Temmuz). Ankara: Türk standartları enstitüsü.
- Uzun, İ. (2013). Yönetmelikler ışığında ısı yalıtımı ve uygulamaları. İstanbul: EPSDER.
- Yalçın, A. H. (2012, Haziran). Elazığ ilinde kullanılan farklı duvar tipleri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi ve ekonomi analizi . Elazığ: Fırat üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi .
- Yalıtım. (2012, Ekim). Binalarda Isı Yalıtımı Yapılacak Yerler: http://www.yalitim.net/yayin/463/binalarda-isi-yalitimi-yapilacak-yerler_13601.html#.Xr8jBWgzbIU adresinden alındı

Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalikuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş., & Özgür, D. (2015). Binalarda ısı yalıtımı ve ısı yalıtım malzemeleri. İMO Yapı malzemeleri komisyonu.

Yamankaradeniz, R., & Ömer, K. (2007). Isıtma süreci ve optimum yalıtım kalınlığı hesabı. 19-25.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sena Saliha ABAK
Doğum Yeri ve Tarihi : KARS, 02.02.1996
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (e-posta) : sena.abak.36@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Alpaslan Anadolu Lisesi /Kars

Lisans : Kafkas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine

Mühendisliği Bölümü / Kars

Yüksek Lisans : Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine

Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı / Kars

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: PTT Başmüdürlüğü / 2018-devam ediyor.